

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**



**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“ELABORACIÓN DE UN INVENTARIO DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN  
ESTABLECIDAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE CUENCA PARA  
LA ESTIMACIÓN DE SUS EMISIONES ATMOSFÉRICAS”**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

JENNY FABIOLA AGUIRRE RAMÓN

JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

**DIRECTORA:**

ING. DIANA LUCÍA MOSCOSO VANEGAS, M SC.

**CUENCA – ECUADOR**

**2015**



## RESUMEN

El Parque Industrial de la ciudad de Cuenca se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad, hoy en día podemos encontrar una diversidad de industrias entre las que se destacan la alimenticia, cerámica, metal mecánica, textiles, plásticos, entre otras; debido a la falta de información se evidencia la necesidad de elaborar un inventario de emisiones atmosféricas de las empresas consideradas como fuentes fijas de combustión con el objetivo de cuantificar y estimar la carga contaminante, para posteriormente determinar el impacto generado al recurso aire, el cual afecta visiblemente a la salud humana y al ambiente.

Dentro del área seleccionada para la realización del estudio se encontraron 121 industrias de las cuales 32 son consideradas como fuentes fijas de combustión, la metodología empleada para la elaboración del inventario se basó en el empleo de factores de emisión y los resultados obtenidos directamente de la fuente; encontrando que el contaminante que presenta la mayor concentración es el Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), generado principalmente por el rubro Elaboración de papel cartón y otros con un total de 8.71 kg/h; el contaminante que se emite en menor cantidad es el Monóxido de Carbono (CO) generado mayoritariamente por el rubro Fabricación de muebles y carpintería con un total de 4.70 kg/h, adicionalmente podemos encontrar sugerencias dirigidas a la autoridad ambiental competente, enfocadas a la implementación de medidas de control para la reducción de las emisiones, así como, la elaboración de una base de datos actualizada para el seguimiento dentro de esta zona de interés.

**Palabras clave:** Inventario, factores de emisión, fuentes fijas, contaminantes atmosféricos.



## ABSTRACT

Industrial Park of Cuenca city is located in northwest this park has presented an increase in their productive activity, today we can find a variety of important industries like food industry, ceramic, metal mechanical, elaboration of tires, textiles and plastic, for this situation and lack of information we have seen the need of to do inventory about air emissions of companies considered as a stationary sources of combustion in order to quantify the most representative contaminants, for the future determine the impact generated air resource which visibly affects human health and environmental degradation. Into the selected for the study area was found 121 active industries of which 32 are considered stationary combustion.

The methodology used for the preparation of the inventory was made by emission factors with the result that the pollutant emitted is mostly sulfur dioxide ( $\text{SO}_2$ ), due to the production of paper, cardboard with a total of 8.71 kg/h, for fuel with high sulfur content, is also a consequence that this company works 24 hours a day and 7 days a week.

The pollutant that is emitted in smaller quantities is carbon monoxide generated by the manufacture of furniture and joinery with a total of 4.70 kg/h. We can find suggestions to the competent environmental authority about the implementation of control measures to reduce emissions, for another part to prepare an updated database for tracking into this area of interest.

**Keywords:** Inventory, emissions factors, stationary sources, air pollutants.



## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
ABSTRACT .....	3
DEDICATORIA .....	12
DEDICATORIA .....	13
AGRADECIMIENTOS.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I .....	17
1. ANTECEDENTES.....	17
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
CAPITULO II .....	24
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. BASES TEÓRICAS .....	24
2.1.1. CALIDAD DEL AIRE .....	24
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES.....	26
2.1.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN .....	27
2.1.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.....	28
2.1.5 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	29
2.1.6 FACTORES DE EMISIÓN .....	32
2.1.7 INVENTARIOS ATMOSFÉRICOS .....	34
2.1.8 COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES .....	35
2.1.9 COMBUSTIBLES.....	36
2.1.10 DISPOSITIVOS DE COMBUSTIÓN .....	39
2.2 MARCO LEGAL .....	40
2.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	41
2.3.1 Objetivo General.....	41
2.3.2 Objetivos específicos .....	41
CAPITULO III .....	42
3. METODOLOGÍA.....	42
3.1 TIPO DE ESTUDIO .....	42
3.2 AREA DE ESTUDIO .....	42



3.3. MUESTRA Y VARIABLES.....	45
3.4. EMPRESAS EMPLAZADAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL DE CUENCA .....	46
3.5. DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA .....	46
3.6 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES .....	48
CAPITULO IV.....	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	53
4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS POR FUENTES DE INFORMACIÓN .....	57
4.2 EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS INDUSTRIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN LOS RUBROS. ....	63
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	69
CAPITULO V.....	72
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
5.1 CONCLUSIONES .....	72
5.2 RECOMENDACIONES .....	72
6 BIBLIOGRAFÍA.....	73
7 ANEXOS.....	78



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación antes de Enero del 2003. ....	30
Tabla 2: Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de Enero del 2003. ....	31
Tabla 3: Otras localidades del Parque Industrial .....	46
Tabla 4: Factores de emisión empleados por calderas a GLP. ....	51
Tabla 5: Factores de emisión empleados por calderas a Gas Natural .....	51
Tabla 6: Factores de emisión empleados por calderas a Petróleo 6 (Bunker) .....	52
Tabla 7: Factores de emisión empleados por calderas a petróleo 2 (diésel). ....	52
Tabla 8: Factores de emisión empleados por calderas a leña. ....	52
Tabla 9: Clasificación de empresas por rubros. ....	55
Tabla 10: Características de las empresas clasificadas por rubros .....	58
Tabla 11: Carga contaminante kg/h por muestreo en la fuente. ....	63
Tabla 12: Carga contaminante por factor de emisión. ....	64
Tabla 13: Rangos altos, medios y bajos del CO kg/h por empresa .....	65
Tabla 14: Rangos altos, medios y bajos del NO <sub>x</sub> kg/h por empresa. ....	65
Tabla 15: Rangos altos, medios y bajos del SO <sub>2</sub> kg/h por empresa. ....	65
Tabla 16: Carga contaminante total por empresa. ....	66
Tabla 17: Rangos altos, medios y bajos del CO kg/h por rubro. ....	67
Tabla 18: Rangos altos, medios y bajos del NO <sub>x</sub> kg/h por rubro. ....	67
Tabla 19: Rangos altos, medios y bajos del SO <sub>2</sub> kg/h por rubro. ....	67
Tabla 20: Carga contaminante por rubro. ....	68
Tabla 21: Análisis estadístico descriptivo .....	69
Tabla 22: Análisis Estadístico de la prueba de Kruskal – Wallis. ....	70
Tabla 23: Estadísticos de contraste .....	71



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Triangulo de la combustión .....	35
Figura 2: Ubicación del Parque Industrial de Cuenca, Azuay .....	43
Figura 3: Uso de Suelo Urbano del Cantón Cuenca.....	45
Figura 4: Proceso para la elaboración del inventario de emisiones atmosféricas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca. ....	47
Figura 5: Porcentaje de empresas consideradas fuentes fijas.....	53
Figura 6: Porcentaje de información recopilada. ....	54
Figura 7: Porcentaje por Rubro .....	56
Figura 8: Tipo de Combustible .....	62
Figura 9: Total carga contaminante kg/h. ....	69

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Lista de empresas implementadas en el Parque Industrial de Cuenca. ....	78
Anexo 2: Hoja de trabajo .....	83
Anexo 3: Registros fotográficos de las visitas de campo. ....	84
Anexo 4 Registros de las hojas de trabajo .....	98
Anexo 5: Copias de oficios enviados a las empresas y a la CGA. ....	108



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, Jenny Fabiola Aguirre Ramón, autora de la tesis "Elaboración de un Inventario de Fuentes Fijas de Combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 29 de Abril del 2015

---

Jenny Fabiola Aguirre Ramón

0105185003





Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Yo, Jenny Fabiola Aguirre Ramón, autora de la tesis "Elaboración de un Inventario de Fuentes Fijas de Combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de Abril del 2015

---

Jenny Fabiola Aguirre Ramón

0105185003



Universidad de Cuenca  
Clausula de derechos de autor

---

Yo, Jessica Alexandra Machado Cuzco, autora de la tesis “Elaboración de un Inventario de Fuentes Fijas de Combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, el ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 29 de Abril del 2015

---

Jessica Alexandra Machado Cuzco

0106047822



Universidad de Cuenca  
Clausula de propiedad intelectual

---

Yo, Jessica Alexandra Machado Cuzco, autora de la tesis "Elaboración de un Inventario de Fuentes Fijas de Combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de Abril del 2015

Jessica Alexandra Machado Cuzco

0106047822



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por haberme dado la vida, por estar conmigo en cada paso dado, por ponerme las pruebas necesarias para ser mejor cada día, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que fueron mi soporte durante todo el periodo de estudio y a lo largo de la vida.

A mis padres Enrique y Blanca a quienes admiro y que gracias a su esfuerzo, sacrificio, alegría y amor incondicional, me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante y así cumplir con esta meta; a mis hermanas quienes siempre han sido mi apoyo y mi fortaleza, a mi novio por ser mi complemento, a Jessica mi compañera de tesis por su paciencia y dedicación, más que amiga una hermana. A esta, a toda mi familia, a quienes amo por sobre todas las cosas y quienes dan sentido a mi vida.

**JENNY FABIOLA AGUIRRE RAMÓN**



## **DEDICATORIA**

Hoy he logrado una nueva meta en mi vida, primeramente quiero dedicar este trabajo a Dios, por ser mi luz y guía durante este largo sendero, brindándome siempre sabiduría y levantándome cuando he estado a punto de caer.

De igual forma dedico esta tesis con todo mi amor a mis padres Wilson y Rosa que han sido mi pilar fundamental en mi vida, enseñándome y permitiéndome ser la persona que ahora soy; gracias por su inmenso amor, trabajo y sacrificio durante estos años. Son los mejores padres.

A mis hermanos Cristian y Kevin por ser mi mejor aliciente, gracias por su paciencia e infinito amor, lo cual me hace amarlos y admirarlos cada día más.

A mi compañera de tesis, agradeciéndote por tu confianza y apoyo, durante el transcurso de estos años.

Finalmente a toda mi familia y cada una de las personas que de una u otra manera me han brindado su apoyo para culminar una etapa más en mi vida

**JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO**



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Cuenca por brindarnos la oportunidad de educarnos en sus aulas para lograr ser profesionales, a los docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental quienes nos dedicaron su paciencia e infundieron sus conocimientos.

Un sincero agradecimiento a nuestra directora de tesis, Ing. Diana Moscoso, M Sc, Docente – Investigadora, del Centro de Estudios Ambientales (CEA) de la Universidad de Cuenca, por proporcionarnos la confianza , tiempo, espacio e insumos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Finalmente a todas las empresas y personas que hicieron parte de este proyecto, por su tiempo, paciencia y ayuda desinteresada, en la obtención y recopilación de datos necesarios para la elaboración del inventario de emisiones atmosféricas.

**Jenny Aguirre**

**Jessica Machado**



## INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como finalidad establecer la importancia de implementar medidas oportunas para la gestión de la calidad del aire, generando de tal manera una mejora en el bienestar de la población en general y el medio ambiente; mediante la realización de estudios que nos revelen la situación actual del aire en la ciudad, el mismo servirá como referente para la futura toma de decisiones, lo que a su vez permitirá generar una enmienda de este recurso. Esta investigación se basa principalmente en las emisiones atmosféricas generadas en la zona de mayor producción de la ciudad de Cuenca “Parque Industrial”.

En la actualidad uno de los mayores problemas que se evidencia con el pasar de los años es el aumento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, como resultado de actividades humanas e industriales; lo cual genera consecuencias graves a nivel ambiental y a la salud humana.

Es indispensable el desarrollo industrial por el que atraviesa el mundo entero hoy por hoy; la ciudad de Cuenca sin ser la excepción ha alcanzado un avance industrial impresionante en los últimos años; aumentando así, las emisiones atmosféricas causadas por las fuentes fijas implementadas en el parque industrial, que son emitidas de forma continua a través de sus chimeneas, generando ciertos contaminantes que influyen directamente con el calentamiento global, trayendo consecuencias significativas en los cambios de temperatura, afecciones sobre la salud, agotamiento de los recursos hídricos, sequías, entre otros. (Vega, 2010). En este estudio nos enfocamos únicamente a la estimación de tres contaminantes atmosféricos: CO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, que serán evaluados en el transcurso de la elaboración del mismo con la finalidad de cumplir con el objetivo principal “Realizar un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas”.

En el país se han implementado normas, que regulan y garantizan el cumplimiento de las empresas para no exceder con los límites máximos permisibles establecidos o estandarizados en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Por la escasez de publicaciones referentes a la calidad del aire en



Cuenca, causadas por fuentes fijas, se dificulta la toma de decisiones e implementación de medidas necesarias por parte de las autoridades competentes, para el control de las emisiones atmosféricas en esta zona productiva de la ciudad, que deterioran este recurso afectando la calidad de vida de las personas; por esta razón resulta conveniente la realización de esta investigación, que constituye una base para posteriores estudios.





## **CAPITULO I**

### **1. ANTECEDENTES**

#### **1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

La generación de altos índices de contaminantes atmosféricos, presentes en las urbes, ha generado hoy en día, un tema de preocupación tanto a nivel nacional como mundial; estudios recientes asocian principalmente la presencia de estos contaminantes con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, resultando necesario un control de la calidad del aire, mediante el establecimiento de medidas a nivel normativo, operativo e institucional, más estrictas. (Yassi y Kjellstrom, 2012). En el caso de esta investigación la normativa que rige el control de la calidad del aire es la “Norma de Emisiones al Aire Ambiente desde Fuentes Fijas de Combustión”, perteneciente al “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente”, con su última actualización en el año 2009.

En la ciudad de Cuenca existen pocos estudios que describan la condición del aire, a pesar de que en la actualidad cuenta con una “Red de Monitoreo de la Calidad del Aire” conformada por 19 puntos de vigilancia distribuidos estratégicamente en diferentes sitios de la ciudad, desde mayo del 2012 se encuentra funcionando la estación automática de calidad del aire y de meteorología ubicada en la terraza del edificio del Municipio, registrando en tiempos reales la concentración de los contaminantes, este programa es monitoreado por la Empresa Municipal de Movilidad (EMOV-EP), perteneciente a la Secretaria de Movilidad, Tránsito y Transporte del Municipio de Cuenca.

El área seleccionada para la realización del inventario de emisiones es el Parque Industrial, el mismo que en los últimos años ha presentado un incremento a nivel productivo, encontrándose diversos tipos de industrias entre las que se encuentran metalúrgica, plásticos, textiles, alimentos y bebidas, concentrados entre otros; evidenciándose el aumento de la carga contaminante emitida a la atmósfera; resultando necesario realizar la cuantificación de las emisiones de los contaminantes atmosféricos e



identificación del impacto ocasionado sobre el recurso aire, que a su vez este se encuentra directamente relacionado con la salud de la población y su área de influencia. Según el informe realizado por la EMOV en el año 2012; establece que la contaminación atmosférica, causada por actividades industriales corresponde al 15% y el porcentaje restante (85%), es causado por el tránsito vehicular; lo que indica que el parque Industrial de Cuenca no es el causante principal de la contaminación atmosférica, pero es importante hacer una estimación de la cantidad, concentración y tipo de contaminantes que se genera en esta área. (Espinoza y EMOV, 2012).

En un ensayo realizado por Idrovo en el año 2009, se indica la existencia de aproximadamente 145 actividades productivas implementadas en el Parque Industrial, de las cuales el 23% corresponde a empresas de servicios y el 77% a empresas con procesos productivos de transformación de materia prima en algún bien; por consiguiente, el último valor puede ser utilizado como indicador de las emisiones que son generadas por parte de este sector productivo.

Considerando que las 145 empresas fueron identificadas en el año 2007, es necesario hacer una evaluación actual de este número y poder contar con un listado de las industrias que funcionan en esta zona, logrando así identificar a las fábricas que usan calderos u hornos en su actividad productiva, para evaluar sus emisiones atmosféricas; los resultados obtenidos son de gran utilidad para las autoridades competentes, quienes podrán verificar el cumplimiento de estas empresas con la normativa nacional vigente, concerniente a los límites máximos permisibles de las emisiones atmosféricas, que serán estimadas a lo largo del análisis.

Al finalizar se contará con un inventario de emisiones atmosféricas, para la zona industrial de Cuenca, siendo éste, hoy por hoy; un instrumento estratégico y básico para una adecuada gestión de la calidad del aire, porque constituye una base para las futuras decisiones por parte de las autoridades.

Mediante la revisión bibliográfica de otros países y ciudades, referentes a la realización de inventarios para la estimación de emisiones, se encontró los siguientes estudios que son detallados a continuación; los mismos que sirvieron de soporte para una mejor comprensión.



Un estudio realizado en la capital del país que se titula Inventario de emisiones atmosféricas y su distribución espacial y temporal, en el año 2003; realizado por la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE), en el cual se identificaron tres grupos de contaminantes: los registrados como comunes en la Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire, los considerados como precursores para la formación de ozono troposférico y los gases de efecto invernadero concretamente se consideraron: óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano, material particulado menor a diez micrones ( $PM_{10}$ ), material particulado menor a 2,5 micrones ( $PM_{2,5}$ ), monóxido de carbono, dióxido de azufre, amoníaco, dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Las fuentes consideradas como las generadoras de emisiones se agruparon en tres categorías: móviles, puntuales y de área, en cuanto a los cálculos de las emisiones de cada contaminante y cada categoría, se obtiene por el producto de la actividad o consumo energético para el caso de los gases de efecto invernadero y el factor de emisión correspondiente. Los factores de emisión para las fuentes puntuales y de área fueron extraídos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), complementados con algunas fuentes secundarias. Los factores para los gases de efecto invernadero fueron obtenidos de las publicaciones del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). En cuyo estudio se obtuvo como conclusión que el tráfico vehicular es la fuente más importante de emisión de contaminantes atmosféricos en el Distrito Metropolitano de Quito. (Ibarra y col., 2006).

El Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos primarios de fuentes fijas puntuales en la Comuna 4 de la ciudad de Cali, en el año 2006; se basó en la recolección de información primaria y secundaria, una vez depurada la información se clasificaron las industrias: por actividad económica, procesos productivos, tipo de fuentes fijas y el tipo de combustible utilizado. Posteriormente se hizo el cálculo de emisiones de los contaminantes primarios por medio de factores de emisión, permitiendo obtener la estimación de la contribución de emisiones provenientes de las fuentes fijas analizadas. La metodología se basó en el protocolo del inventario de emisiones “Manual de Procedimientos Operativo Estandarizado” desarrollado en el año 2006. Finalmente el inventario muestra el censo de 260 industrias, dentro de los equipos de combustión evaluados, el 60% trabaja con gas natural, mientras que industrias que operan con carbón



son alrededor de 8%, siendo este el más contaminante, por lo tanto el estudio muestra la tendencia hacia el uso de combustibles gaseosos, debido a que son considerados limpios y sus precios son más favorables. (Aponte y col., 2010).

El Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la ciudad de Cochabamba, Bolivia, año 2008; empleó diferentes metodologías para la estimación de los contaminantes, en concreto se dividieron las fuentes en tres tipos: fuentes fijas, fuentes de área y fuentes móviles. Para la selección de la metodología se consideró la que mejor se adaptara a sus características, la disponibilidad de información y los recursos con los que se podía contar. Los contaminantes primarios considerados para el inventario de emisiones fueron: Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Óxidos de Azufre ( $\text{SO}_x$ ), Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ), Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Óxido de Nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). La metodología empleada para las fuentes fijas se evaluó a través de la separación de dos tipos de emisiones en primer lugar se consideró las fuentes pertenecientes a sistemas de combustión estacionario y en segundo lugar aquellos relacionados con procesos de transformación de materiales. Los factores de emisión empleados fueron los publicados en el compendio AP-42 de la EPA. Finalmente los resultados globales muestran con claridad que la principal fuente de contaminación primaria corresponde al parque automotor, superando los límites permitidos en la legislación boliviana, registrándose que el 76% de los contaminantes son emitidos por las fuentes móviles. (Pareja y col., 2012).

En el Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2011, para la estimación de los contaminantes de las fuentes fijas se emplearon los factores de emisión generados en el reporte *AP-42 Compilation of Air Pollution Emission Factor*, específicamente en el Volumen I (5ª edición), también emplearon algunos factores de emisión publicados por la Agencia Ambiental Europea (EMEP, por sus siglas en inglés) en conjunto con el Programa cooperativo para el monitoreo y la evaluación de contaminantes del aire de largo alcance de transmisión (EMEP, por sus siglas en inglés). Como resultado se observó que el gas natural es el combustible que proporciona la mayor cantidad de energía, también sobresale el carbón mineral como el segundo energético de mayor importancia, por su parte el fuel oil (diesel) y la biomasa proporcionan a la industria cantidades de energía similares. En el análisis por actividad productiva se encontró que



los sectores textil y confección metalmecánico, bebidas, alimentos y tabaco, químico, cerámicos y vítreos contribuyen con el 77% de las empresas y el 81,5% de las fuentes de emisión, es decir, cinco sectores de los doce identificados agrupan la mayor proporción de empresas y fuentes de emisión. (Montoya, 2013).

En el Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos convencionales en la zona de Cali-Yumbo, en el año 2004; en el cual se efectuó la cuantificación y cualificación de contaminantes atmosféricos convencionales ( $\text{COV}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$ ). La metodología empleada se basó en factores de emisión para relacionar el nivel de actividad productiva con la emisión de contaminantes, aplicando factores de emisión, extraídos del compendio AP-42 publicado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos. (Jaramillo y col., 2004).

En el informe de valoración cualitativa de la calidad de un inventario de emisiones industriales para el modelado de dispersión de contaminantes en la costa nororiental de Venezuela, en el año 2011; se basó en la metodología presentada por el Centro de Información sobre Contaminación de Aire (CICA), a través de los Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México (CICA, 1997a), que a su vez se ha basado en contenidos de la United States Environmental Protection Agency (US EPA). Este ensayo empleó la incertidumbre que es una medida de la similitud entre el valor estimado y el valor real (generalmente desconocido en un inventario de emisiones), la cual proporciona una idea de la calidad del resultado. Posteriormente se realizó un modelo de dispersión utilizando la incertidumbre como ya se explicó esta es una medida de la calidad de los resultados del modelo, valorando adicionalmente las ecuaciones y suposiciones propias del modelo. (Cremades y Rincón, 2011).

En la tesis sobre Actualización del Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas en Bogotá a través de mediciones directas, en el año 2009; se realizó mediante la generación de factores de emisión obtenidas a partir de mediciones de tipo isocinético conjuntamente se llevó a cabo un análisis de fotografía aérea de alta resolución a partir del cual se determinó las chimeneas presentes. Los resultados



obtenidos fueron validados y ajustados haciendo uso de un balance energético. (Fandiño y Behrentz, 2009).

La investigación titulada Methodology for Estimating Emissions Inventories for Commercial Building Projects, en el año 2012; se centra en la elaboración de un inventario sobre las emisiones generadas durante la construcción de edificios, en Estados Unidos las emisiones que generan las construcciones producen el 7% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los contaminantes analizados fueron: Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) Hidrocarburos Totales (THC), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (PM) y Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ). La metodología empleada se compone de cuatro pasos: selección del estudio de caso, desarrollo y estimación de costos, determinación de los factores de emisión y realización del análisis de emisiones dependiendo de la actividad. Para el análisis se eligió la construcción de una iglesia de 13,400  $\text{ft}^2$ , empleando el Modelo NONROAD, que se basa en los rangos de potencia (caballos de fuerza) de los equipos, este modelo también incluye el listado de los factores de emisión, tasas de emisión para cada contaminante, factores de tiempo que se expresan en unidades de masa por tiempo (lb/h), los mismos serán utilizados como entrada para los cálculos posteriores. Se calcularon las emisiones por cada actividad de construcción en base a las cantidades, productividad, duración de la actividad, y los correspondientes factores de emisión de los equipos. Al presentar los resultados mediante una correlación gráfica el valor  $R^2$  se determinó que era 0,98, lo que indica un alto nivel de precisión. Los resultados determinan cuales son los sitios que producen la mayor cantidad de contaminantes y en qué medida, en este estudio se encontró que de las 16 áreas analizadas solo cinco eran contribuyentes de los altos niveles de emisiones del proyecto. (Marshall y col., 2012).

La metodología empleada en el análisis denominado Procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas, en el año 2011; se basó en el desarrollo de modelos para el manejo de la calidad del aire con la finalidad de establecer medidas de control de los contaminantes atmosféricos. Para el análisis se centró en un enfoque cuantitativo de tipo explicativo, en el cual se incluye la realización de un inventario de emisiones, para la gestión de las medidas de control de contaminantes



atmosféricos provenientes de fuentes fijas y móviles de combustión. Finalmente se dió a conocer en qué medida se podrán reducir las emisiones lo que a su vez permite obtener información valiosa para definir estrategias y establecer el plan de acción necesario. (Granda y col., 2011).

Al revisar los diferentes ensayos podemos concluir que la metodología más empleado es el de los factores de emisión o factores y variables de actividad, siendo este el de uso más general en la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas, las cuales nos permite efectuar una valoración cualitativa y cuantitativa de la calidad del aire. Este método se basa en la utilización de factores de emisión las mismas que toman en cuenta la naturaleza y cantidad de contaminantes generados, con y sin sistemas de control. Es por esto que se vió conveniente usar para el análisis el empleo de la Metodología OMS; así como también los factores de emisión que serán extraídos del compendio AP-42 publicado por la agencia de protección ambiental EPA de los Estados Unidos. Se usa esta metodología debido a su veracidad y facilidad de aplicación. Un aspecto importante a considerar es que uno de los indicadores de la calidad del aire lo constituye el consumo de energéticos empleados en los sectores productivos y también en el sector comercial y de servicios, ya que en su mayoría los contaminantes emitidos a la atmósfera son el resultado de la combustión de diferentes tipos de combustibles fósiles, a partir de la identificación y análisis de los mismos se efectúa la estimación de contaminantes generados, mediante el uso de un balance energético. Además también fue de gran utilidad la hoja de trabajo, para la realización de las encuestas que fueron diseñadas para recopilar los datos referentes a cada actividad productiva.





## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. BASES TEÓRICAS

##### 2.1.1. CALIDAD DEL AIRE

La evaluación del estado de la calidad del recurso aire, permite identificar los problemas asociados a la contaminación que se generan por acciones antropogénicas, priorizando las líneas de acción para la implementación de medidas de control y prevención, para evitar el deterioro de la atmósfera, la misma que puede provocar efectos adversos en la salud y la vida de los seres humanos y ambiente. El aire es esencial para la vida, no solo porque mediante este se puede respirar sino porque tiene una gran influencia en la tierra, permitiendo que sea habitable. Se debe entender que la composición atmosférica al ser alterada ya sea por causas antropogénicas (causada por la actividad humana, produce el riesgo más grave para la estabilidad de la biosfera) o naturales (incendios no provocados, cenizas volcánicas, polen, polvo, etc.); modifican la calidad de este recurso y a su vez produce cambios en el clima por su influencia en el balance radioactivo terrestre. (Mar y Querol, 2012).

Al alterarse la composición natural del aire este afecta, principalmente a los niños, teniendo un alto impacto económico por los costos que están asociados a la atención en salud y también por todos los controles que demandan a todas aquellas fuentes generadoras de dicha contaminación a la atmósfera. (García y col., 2012).

Se define a la contaminación atmosférica como la presencia de sustancias ajenas a la atmósfera, que son generadas por actividades humanas, las mismas que presentes en concentraciones y tiempo determinado pueden generar efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente. (Ariza y col., 2013).

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), define a la contaminación del aire como cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, ya sean estos producidos por actividades humanas o por procesos naturales, y que afecta adversamente al ambiente y/o al ser humano. (Ministerio del Ambiente, 2009)





Gallego y colaboradores (2012), mencionan que la Organización Mundial de la Salud (OMS), define a contaminación atmosférica como la aparición en el aire de una o varias sustancias extrañas a la composición natural de la atmósfera, en tiempos prolongados y cantidades suficientemente altas como para provocar efectos nocivos sobre el hombre, animales, plantas y tierra llegando a perturbar el bienestar y el uso de los bienes.

De las definiciones anteriores se concluye que la contaminación atmosférica se trata de una alteración en cantidad y tipo de sustancias que conforman la atmósfera, llevándola a un desequilibrio, afectando el bienestar de los seres vivos (humanos, animales y vegetales), y la tierra en general.

Al presentar el concepto de calidad del aire como un recurso en general, resulta conveniente conocer la realidad por la que atraviesa nuestra ciudad.

#### **2.1.1.1 CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA**

En la actualidad Cuenca cuenta con una Red de Monitoreo pasivo que inició sus actividades en diciembre del 2007, la misma entrega resultados de los estudios anualmente, permitiendo conocer que la flota vehicular genera el 85% de contaminación en la ciudad.

Los resultados revelados para el año 2010 indicaron que los contaminantes: dióxido de azufre, ozono, dióxido de nitrógeno, material particulado, monóxido de carbono y otros han excedido con el mínimo valor en el sector del Parque Industrial. (Diario el Mercurio, 2011)

Tras un estudio de emisiones atmosféricas, efectuado en el año 2011, se pudieron identificar 12 principales fuentes de contaminación del aire en nuestra ciudad, siendo estas el tráfico vehicular, las industrias, las centrales térmicas, emisiones provenientes de las ladrilleras, gasolineras, canteras, disolventes, vegetación, tráfico aéreo, erosión eólica, emisiones domésticas, entre otras. (Espinoza y EMOV, 2012)

Estas cifras concuerdan con el inventario de emisiones en el cual se establece que el transporte y los vehículos son la principal fuente de emisión en la zona urbana, según datos de la Empresa de Movilidad y Obras Viales (EMOV), para el año 2013 dio como



resultado que el parque automotor de la ciudad fue de alrededor 101.128 unidades. Mientras tanto al noroccidente se evidencia las emisiones generadas por las industrias que se encuentran establecidas en este sector.

En la actualidad se cuenta con 19 estaciones de medición que se encuentran ubicadas tanto en sectores urbanos como rurales de la ciudad, estas recogen muestras de los compuestos gaseosos, partículas sedimentables y partículas menores a 10 micras. Posteriormente estos son examinados en un laboratorio con la finalidad de proceder a su cuantificación. (Cáceres, 2013)

Finalmente según estudios realizados por el Consorcio Revisión Vehicular DANTON que existe desde ya aproximadamente cinco años, el cual tiene como finalidad mejorar o mantener la calidad del aire en la ciudad, luego de haber ganado el concurso para la prestación de servicios de la Revisión Técnica Vehicular, afirmó que los resultados obtenidos indican que Cuenca es una ciudad que aún tiene un aire limpio que se puede respirar, es decir, no presenta altas tasas de concentración de contaminantes, mediante un buen control y chequeo se puede mejorar y mantener la calidad del aire. (Samaniego, 2013).

## **2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Los contaminantes atmosféricos pueden clasificarse según su origen, por su composición química y por su estado de agregación molecular.

### **2.1.2.1 Por su origen.**

Estos contaminantes pueden ser primarios y secundarios. Los contaminantes primarios son todas aquellas emisiones atmosféricas que fueron o son emitidas de forma directa a la atmósfera desde su fuente emisora (fija o móvil); mientras que los contaminantes secundarios son todos aquellos que sufrieron una transformación mediante reacciones químicas, oxidación o por hidrólisis.



Los contaminantes por su origen también pueden ser de tipo antropogénicos (causado por el hombre), geogénicos (con su origen en fenómenos de subsuelos - erupciones volcánicas) y los biogénicos (con su origen en organismos vivos – materia fecal).

#### **2.1.2.2 Por su composición**

Los contaminantes según su composición química ya sean secundarios o primarios se clasifican en: orgánicos (contaminantes que contienen carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre, oxígeno y fósforo), e inorgánicos. En los compuestos inorgánicos están los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), óxidos de carbono ( $\text{CO}_x$ ), óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) y algunos compuestos que contienen halógenos en su composición.

#### **2.1.2.3 Por su estado de agregación molecular**

Este tipo de contaminantes se clasifican en gases y partículas. Los contaminantes gaseosos son los que en condiciones normales de presión y temperatura no son ni líquidos ni sólidos, un ejemplo de estos contaminantes son los hidrocarburos. Mientras que las partículas pueden ser tanto sólidas como líquidas como el polvo, la neblina, etc. (Guzmán y Arellano, 2011).

### **2.1.3 FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

Para realizar una clasificación de las fuentes de contaminación se toma en cuenta su movilidad.

#### **2.1.3.1 Fuentes fijas o estacionarias**

Toda instalación en donde se desarrollan procesos industriales, de servicio, comerciales o toda aquella actividad que genera o podría generar emisiones contaminantes a la atmósfera.



### **2.1.3.2 Fuentes móviles**

En este grupo se consideran todos los vehículos que circulan por las carreteras, es decir, toda fuente que emite contaminantes atmosféricos que no se encuentre estáticos como: autos, buses, camiones, aviones, etc. (González y col., 2010)

En el caso de la presente investigación el enfoque será únicamente a las fuentes fijas de contaminación atmosférica presentes en el parque industrial, es decir, empresas o actividades que empleen hornos o calderos (fuente fija) para su producción, por donde emiten directamente los contaminantes a la atmósfera, produciendo alteraciones a la misma.

### **2.1.4 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS**

Ahora bien, al entender claramente el tema de contaminación ambiental y los distintos contaminantes existentes, para su análisis se considera al monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), siendo estos los que presentan mayor relevancia a efectos ambientales, encontrándose dentro del listado de los gases de efecto invernadero.

#### **2.1.4.1 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

Gas incoloro, inodoro, muy tóxico e insípido, producto de la combustión incompleta de materia orgánica (hidrocarburos, madera, carbón o petróleo), así como también las chimeneas industriales, calefones, calderos, cocinas, estufas, calentadores a kerosene, etc.; son los causantes de las emisiones de CO. (Paleta, 2009).

La exposición del CO a corto plazo tiene efectos similares a la sensación de fatiga experimentada en la altura, después de realizar ejercicio físico, en caso de padecer de anemia, los síntomas son similares a los de indigestión. Durante la exposición en tiempos prolongados puede agravarse en las personas que padezcan de enfermedades en el corazón y pulmón, especialmente en: nonatos, neonatos, mujeres embarazadas, personas de edades avanzadas y a todas aquellas personas que sufran de enfermedades crónicas. (Sbarato y Sbarato, 2009).



#### **2.1.4.2 DIÓXIDO DE AZUFRE ( $\text{SO}_2$ )**

Gas incoloro que se produce durante la elaboración de acero, procesos industriales y principalmente en la combustión de compuestos formados por carbón, azufre y aceite; produciéndose también en procesos industriales como: la producción de papel y ácido sulfúrico. Este contaminante pertenece a la familia de los Óxidos de Azufre ( $\text{SO}_x$ ). Su concentración está directamente relacionada con el grado de impureza del combustible, a concentraciones mayores de 20 ppm produce irritación en los ojos, garganta y nariz, agrava las alergias respiratorias y el asma. (Paleta, 2009).

#### **2.1.4.3 ÓXIDOS DE NITRÓGENO ( $\text{NO}_x$ )**

Compuestos formados por moléculas de oxígeno y de nitrógeno, siendo los más importantes el monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ) y el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), formándose por la oxidación del nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ). El nitrógeno por ser un gas inerte y al alcanzar altas temperaturas durante la combustión, reacciona una pequeña parte del mismo y da lugar a la formación del  $\text{NO}$ , oxidándose rápidamente y formando el  $\text{NO}_2$ , este último es un gas precursor del efecto invernadero. (Vega, 2010).

En este caso se detalla únicamente al  $\text{NO}_2$ ; que es un gas de color pardo, muy tóxico al ser inhalado. Al ser combinado con compuestos orgánicos volátiles (COV's) y en la presencia de la luz solar puede formar el ozono, por lo que es considerado como precursor del smog fotoquímico. (Matus y Lucero, 2002).

#### **2.1.5 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

La contaminación atmosférica como se sabe es una alteración en la composición de la atmósfera, generando de esta manera un desequilibrio a la calidad de vida de las personas, causando serias consecuencias en la salud que van desde efectos fisiopatológicos, aumentos de síntomas respiratorios, hospitalizaciones, diarias consultas e inclusive aumento en la tasa de mortalidad. Los efectos negativos de los contaminantes atmosféricos pueden diferir en función de la población que está expuesta, es decir, existiendo una mayor susceptibilidad en personas de edades avanzadas, niños, con



enfermedades infecciosas causadas por una mala sanidad, baja atención de salud y aquellas que sufren de enfermedades respiratorias. (Matus y Lucero, 2002).

Estos contaminantes tienen efectos negativos al interactuar con moléculas que son decisivas para cada proceso bioquímico o fisiológico del cuerpo humano o al causar una dificultad a su acción. Existen tres factores que influyen en el riesgo del daño tóxico derivado de esas sustancias: sus propiedades tanto físicas como químicas, la dosis que llega a los tejidos y la capacidad de respuesta que tenga cada individuo. (Yassi y Kjellstrom, 2012)

En cuanto se refiere al país los límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión se presentan en las siguientes tablas, dependiendo del año de operación.

**Tabla 1:** Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación antes de Enero del 2003.

Contaminante emitido	Combustible utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Sólido	355	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	355	mg/Nm <sup>3</sup>
	Gaseoso	No aplicable	No aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	1100	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	700	mg/Nm <sup>3</sup>
	Gaseoso	500	mg/Nm <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre	Sólido	1650	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	1650	mg/Nm <sup>3</sup>
	Gaseoso	No aplicable	No aplicable

**Fuente:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

**Elaboración:** (Aguñaga, 2011).



**Tabla 2:** Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de Enero del 2003.

Contaminante emitido	Combustible utilizado	Valor	Unidades
Partículas Totales	Sólido	150	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	150	mg/Nm <sup>3</sup>
		No	No
	Gaseoso	aplicable	aplicable
Óxidos de Nitrógeno	Sólido	850	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	550	mg/Nm <sup>3</sup>
	Gaseoso	400	mg/Nm <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre	Sólido	1650	mg/Nm <sup>3</sup>
	Líquido	1650	mg/Nm <sup>3</sup>
		No	No
	Gaseoso	aplicable	aplicable

**Fuente:** Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

**Elaboración:** (Aguñaga, 2011).

NOTA: mg/Nm<sup>3</sup>, miligramo por metro cubico de gas, a condiciones normales, mil trece milibares de presión (1013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno. Al hablar de combustibles fósiles líquidos hace referencia a: diésel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas. (Aguñaga, 2011). Estas condiciones para los dos casos tabla 1 y 2.

La estimación de los contaminantes se realizó mediante factores de emisión, por lo tanto resulta necesario entender el concepto del mismo.



## **2.1.6 FACTORES DE EMISIÓN**

Se entiende por factor de emisión a la relación que existe entre la cantidad de contaminante que se emite a la atmósfera y una unidad de actividad. En general los factores de emisión se los puede clasificar en dos tipos: los que se basan en los procesos y los segundos en censos. Generalmente los primeros, son utilizados para realizar una estimación de fuentes puntuales y muchas veces este tipo de factores son combinados con datos de actividades, que han sido recopilados mediante encuestas o mediante balances de materiales. Los factores de emisión que se basan en los censos son empleados principalmente para estimar emisiones provenientes de fuentes de área. (INECC, 2006).

### **2.1.6.1 FACTORES DE EMISIÓN BASADOS EN PROCESOS**

En diversos países se han realizado investigaciones con la finalidad de establecer las tasas de emisión promedio que se generan como resultado de los diferentes procesos, que son considerados como fuentes de emisión constante. En la actualidad se emplean resultados, que se obtienen de fuentes representativas para la estimación de los factores de emisión, debido al costo que representa efectuar el muestreo en cada fuente de emisión.

Dentro de los procesos, las unidades que más se emplean son: el consumo de energía, consumo de materia prima, unidades de producción, calendario de operación, número de dispositivos empleados o las características de los mismos, así por ejemplo tenemos: lb/gal, lb/lote, lb/hr o lb/pie<sup>2</sup>.

Entre la fuente de consulta más extensa que se puede encontrar para los factores de emisión basados en procesos, está el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a), en este documento podemos encontrar los factores de emisión determinados para diferentes actividades. Otro documento de referencia es la guía Rapid Source Inventory Technique publicado por la Organización Mundial de la Salud, otros factores de emisión pueden ser extraídos de las guías para inventarios de gases de efecto invernadero (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)).





### **2.1.6.2 FACTORES DE EMISIÓN BASADOS EN CENSOS SOCIOECONÓMICOS O DE POBLACIÓN**

Los factores de emisión basados en censos, consisten en un método muy eficiente para la estimación de las fuentes de área, las mismas que no se pueden caracterizar a través de datos de actividad, consumo de materia prima y/o combustible; los cuales son datos indispensables para la aplicación de factores de emisión basados en procesos. La efectividad de la aplicación de los factores de emisión basados en censos, resulta una práctica favorable en cuanto a la opción costo-efectividad, debido a que se puede obtener con facilidad los datos de los censos, en los lugares en donde se han realizado previamente inventarios de emisiones.

Los factores de emisión basados en censos, resultan más exactos cuando se los aplica a toda una región, que cuando se lo emplea en áreas más pequeñas; lo que puede generar una subestimación de las emisiones.

#### **2.1.6.2.1 Factores de emisión per cápita**

Los factores de emisión per cápita, son empleados cuando se supone que las emisiones pueden asociarse con la población de manera razonable. La aplicación de estos factores resulta conveniente para ciertas actividades tales como: tintorerías, pinturas de superficies arquitectónicas, etc., por el contrario no resulta conveniente su aplicación para aquellas fuentes cuyas emisiones no correlacionan bien con la población, por ejemplo: cementeras o petroquímicas.

#### **2.1.6.2.2 Factores de emisión por empleado**

Los factores de emisión por empleado, resulta más exacto que los factores de emisión per cápita, por la razón que los niveles de empleo generan un indicador más representativo de las actividades que generan contaminación.

En general este tipo de factores se emplean para estimar las emisiones de aquellas categorías, para las cuales existen datos de empleo disponible a nivel local. (INECC, 2006).



La finalidad del estudio es realizar un Inventario de emisiones, a continuación se describe el concepto de inventario atmosférico.

## 2.1.7 INVENTARIOS ATMOSFÉRICOS

Un inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es considerado como un instrumento estratégico para establecer la gestión de la calidad del aire, que nos permiten identificar y conocer el tipo y cantidad de contaminantes que son emitidos por estas fuentes.

Los inventarios de emisiones son considerados como proyectos dinámicos que se encuentran en continuo desarrollo, los cuales deben ser periódicamente actualizados; por lo tanto son considerados como carácter cíclico.

Los inventarios de emisiones nacieron como una herramienta de control de las políticas de reducción de emisiones, para su elaboración se requiere la utilización de metodologías y procedimientos de cálculo, así como la recopilación de información, la cual debe ser confiable y realista; de esta manera se garantizan que los valores de emisión que se obtendrán serán similares a los valores de la medida experimental de los mismos. (Noceda, 2013)

Dentro de un inventario de emisiones se consideran:

- a) Fuentes puntuales (industrias)
- b) Fuentes móviles (vehículos automotores que circulan por la urbe)
- c) Fuentes de área (casas, comercios, servicios, y los vehículos que no circulan por las carreteras), y
- d) Fuentes naturales (erosión de suelo y emisiones biogénicas)

Realizar un inventario permite cumplir propósitos tales como:

- Cuando se pretende conocer a los causantes del deterioro de la calidad del aire en una determinada zona, se realiza un inventario de los contaminantes criterio tales como: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, material particulado, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos y plomo.

- Se puede realizar un inventario de gases de efecto invernadero, con la finalidad de conocer el origen de las emisiones que causan el cambio climático. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México, 2013)

El alcance de un inventario de emisiones se define a partir de cuatro dimensiones (Qué, Por qué, Dónde y Cuándo) de los contaminantes que se están emitiendo de las actividades o sectores que los producen, además nos permite visualizar su localización geográfica. (Noceda, 2013).

A continuación se detalla el concepto de combustión, la misma que da origen a la formación de gases que deterioran la calidad de aire.

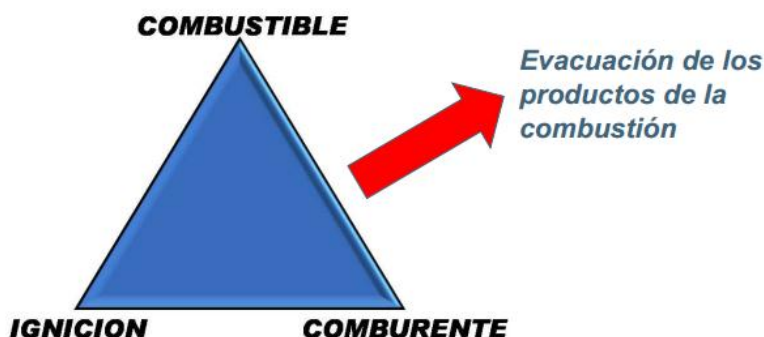
## 2.1.8 COMBUSTIÓN Y COMBUSTIBLES

### 2.1.8.1 COMBUSTIÓN

Se entiende por combustión al conjunto de procesos físico-químicos, en el cual un elemento combustible al combinarse con otro elemento comburente (que generalmente es el  $O_2$  gaseoso), genera un desprendimiento de luz, calor y otros productos químicos que resultan de la reacción de oxidación.



### 2.1.8.2 TRIÁNGULO DE LA COMBUSTIÓN



**Figura 1:** Triángulo de la combustión

**Fuente:** (Domínguez, 2013)

**Elaboración:** (Domínguez, 2013)



## 2.1.9 COMBUSTIBLES

**DEFINICIÓN:** se define por combustible a cualquier material que es capaz de liberar energía en forma de calor, cuando se produce una reacción con el oxígeno habitualmente el que se encuentra contenido en el aire, produciéndose una transformación de su estructura química.

Los combustibles se clasifican en:

- Sólidos
  - Naturales: biomasa y carbones
  - Elaborados: coke (carbón o petróleo)
- Líquidos
  - Derivados del petróleo
  - Elaborados
  - Renovables
- Gaseosos (Domínguez, 2013).

### 2.1.9.1 COMBUSTIBLES SÓLIDOS

Todos los combustibles sólidos se queman produciendo cenizas, su combustión es con llama y su combustibilidad depende de lo siguiente:

- Contenido húmedo del sólido
- Conductibilidad calorífica
- Aptitud y Temperatura de ignición
- Grado de combustión
- Velocidad de propagación
- Carga térmica, etc.

Los combustibles sólidos son de tres tipos:

- De origen fósil (carbón)
- De origen no fósil (leña o residuo)



- Coque (procedente de petróleo y carbón). (Universidad de Valladolid, 2012).

### 2.1.9.2 COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

Dentro de los combustibles líquidos se incluye el petróleo crudo y sus derivados, tanto los destilados como los residuales, la principal diferencia entre estos dos está en el contenido de cenizas y de azufre así como su viscosidad, influyendo estos en la combustión, permitiéndole que la misma sea más fácil.

En los combustibles líquidos el contenido de azufre es alrededor del 5% en trazas, mientras que la mayor parte está en forma de sulfuros o mercaptanos. (Jiménez, 2001)

Los combustibles líquidos son aquellos que generalmente provienen del petróleo bruto o del alquitrán de hulla.

**A) Alquitrán de hulla** se clasifican:

- Según su viscosidad: Ligero y pesado
- Según su fluidez

**B) Petróleo Bruto:** en este grupo se encuentran muchos compuestos hidrocarbonados, a partir del crudo de petróleo se obtienen un gran número de combustibles líquidos siendo los más importantes los siguientes:

**Petróleo bruto natural:** Este tipo de combustible es una mezcla de una gran variedad de compuestos hidrocarburos, la composición de los mismos va a diferir de unos yacimientos a otros. (Kraus, 2012).

Las siguientes definiciones presentadas a continuación fueron tomadas de (Textos Científicos, 2006).

**Gasolina:** Es un combustible semi-transparente de color verdoso, proveniente de la mezcla de hidrocarburos líquidos, inflamables y volátiles, que generalmente se obtiene en una refinería a partir de la nafta de destilación directa, que es la fracción líquida más ligera del petróleo. Las gasolinas son los primeros combustibles líquidos que se obtienen



del fraccionamiento del petróleo, tradicionalmente es empleada como combustible para los motores de explosión interna.

**Queroseno o petróleo industrial:** Es un líquido transparente, en ocasiones presenta una ligera coloración amarillenta o verduzca, que se obtiene a partir de la destilación del petróleo, tiene una densidad intermedia, estando su densidad entre la de la gasolina y el gasóleo o diésel. Se emplea como combustible, disolvente e inclusive es empleado para la calefacción doméstica.

**Gasóleo:** También se denomina gasoil o diésel, es un líquido de color blanco o verdoso que tiene una densidad sobre los  $832 \text{ kg/m}^3$ , se encuentra principalmente compuesto por parafinas y es usado esencialmente como combustible en motores que funcionan a diésel y también es empleado para la calefacción. Se obtiene a partir de la destilación del petróleo recibiendo el nombre de petrodiesel, cuando su origen es a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel. El diésel o gasóleo es habitualmente más simple de refinar que la gasolina, debido a que contiene hidrocarburos con un punto de ebullición entre los  $180\text{-}360^\circ\text{C}$ .

**Bunker o Fuel-oil:** Este compuesto se encuentra formado con más de 20 átomos de carbono, de ahí tomo su color negro, es una fracción de petróleo que se obtiene como residuo posteriormente de la destilación topping, obteniéndose alrededor de un 30 y 50% de fuel-oil; considerado como uno de los combustibles más pesados de los que se puede destilar mediante presión atmosférica. Es usualmente empleado como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos. (Díaz y Sully, 2012).

### 2.1.9.3 GASEOSOS

Al hablar de combustibles gaseosos podemos hacer referencia a combustibles naturales o combustibles resultantes de un proceso industrial. (Universidad de Valladolid, 2012).

Los combustibles gaseosos pueden ser:

- Naturales: gas natural
- Elaborados: GLP, biogás, gas de gasógeno



Las siguientes definiciones fueron tomadas de (Hervás, 2012).

**Gas natural.-** se llama gas natural a una mezcla inflamable de diversos hidrocarburos como:  $\text{CH}_4$  aproximadamente un 70%, dióxido de carbono, etano, hidrógeno y azufre entre otros gases internos. Gas no tóxico, incoloro inodoro y más ligero que el aire. Suele aparecer en yacimientos en donde se encuentra el petróleo (gas húmedo); sin embargo, no siempre ocurre esto, debido a su estado gaseoso podrá migrar y por lo tanto encontrarse solo (gas seco).

**GLP.-** dentro de los gases licuados de petróleo encontramos el butano y el propano, estos gases son obtenidos en las refinerías, en donde, pueden ser comercializados en recipientes sometidos a compresión; lo que permite que pasen a estado líquido, disminuyendo por ende el volumen, ocupando menor espacio de almacenaje y menor costo al ser transportados.

**Biogás.-** combustible gaseoso obtenido a partir de la digestión anaeróbica, subproductos y residuos orgánicos. La sociedad actual genera una gran cantidad de desechos de diferentes tipos, estos residuos pueden ser materia orgánica, la misma que contiene poder energético potencial. Esta materia orgánica al ser degradada produce una mezcla de gases denominados biogás y también lodos residuales. Este biogás está formado por: metano y dióxido de carbono; siendo el metano el que le da la característica de combustible. (Martín y Sala, 2004).

## 2.1.10 DISPOSITIVOS DE COMBUSTIÓN

### 2.1.10.1 HORNO

Un horno es considerado como un dispositivo, que permite la conversión de la energía química de un combustible o energía eléctrica, en calor; el mismo que es transmitido a los materiales que se encuentran en su interior, los cuales posteriormente serán transformados. Las altas temperaturas se consiguen mediante la quema de combustibles líquidos o sólidos (Castells, 2012).



### 2.1.10.2 CALDERA

Una caldera es un dispositivo que se diseña con la finalidad de generar vapor saturado. En este sistema el fluido generalmente líquido, se calienta y se produce un cambio de estado. El proceso de combustión que se origina en el interior de la caldera, da como resultado la transferencia de calor del fluido, lo cual eleva progresivamente su presión y temperatura. Como resultado del incremento de la presión del vapor, las calderas se construyen con metales altamente resistentes, como por ejemplo el acero laminado.

Las calderas se clasifican comúnmente por su diseño en pirotubulares o acuotubulares; se denomina pirotubular porque los gases calientes que proceden de la quema de un combustible, atraviesan unos tubos, a través de los cuales circula fuego y también gases incandescentes, que mediante convección permite que el agua que se encuentre en la parte exterior, se caliente. (Bonilla y col., 2009).

## 2.2 MARCO LEGAL

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente en su Libro VI De la Calidad Ambiental en el capítulo IV referente Del proceso de evaluación de impactos ambientales establece lo siguiente:

*Art. 1.- “Toda actividad o proyecto deberán someterse al proceso de evaluación de impacto ambiental, de acuerdo a las demás normas pertinentes”, para lo cual debe presentar:*

- a) La ficha ambiental de su actividad o proyecto propuesto, en la cual justifica que dicha actividad o proyecto no es sujeto de evaluación de impactos ambientales
- b) El borrador de los términos de referencia propuestos para la realización del correspondiente estudio de impacto ambiental luego de haber determinado la necesidad de una evaluación de impactos ambientales.
- c) En el caso de que el promotor tenga dudas sobre la necesidad de una evaluación de impactos ambientales de su actividad o proyecto propuesto o sobre la autoridad





ambiental de aplicación responsable, deberá realizar las consultas pertinentes.

(Ministerio del Ambiente, 2003)

## **2.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los objetivos definidos para este estudio son los siguientes:

### **2.3.1 Objetivo General**

Elaborar un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

1. Identificar y categorizar las fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial.
2. Levantar información y procesar los datos recolectados
3. Evaluar, estimar y calcular la carga contaminante mediante factores de emisión y formulas establecidas.
4. Identificar el rubro que aporta con la mayor carga contaminante.



## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDIO**

Esta investigación consta de tres etapas, la primera fase fue de tipo investigativa exploratoria, por la falta de estudios que determinen la calidad del aire en esta zona; la segunda fase se empleó la investigación descriptiva – analítica para la extracción de los factores de emisión publicados por la EPA y la tercera fase fue la investigación documental debido a que la información fue tomada de los archivos de la CGA y revisiones bibliográficas.

#### **3.2 AREA DE ESTUDIO**

##### **3.2.1 Ubicación del área de estudio**

El área de estudio se encuentra en la parroquia El Vecino, ubicada a la orilla izquierda del río Machángara, al noroeste de la ciudad de Cuenca, a cinco kilómetros del centro de la misma; cuenta con 70.8 hectáreas. (Municipalidad de Cuenca, 2012).

Delimitado al: Noroeste por la ciudad de Cuenca, Sureste por las empresas ERCO y Vanderdilt, al Suroeste por la Circunvalación Norte y Avenida de las Américas y al Oeste por la Avenida del Toril.



**Figura 2:** Ubicación del Parque Industrial de Cuenca, Azuay

**Fuente:** Google Maps

**Elaboración:** Autoras

### 3.2.1.1 Zonificación del Parque Industrial de Cuenca

Existen 6 zonificaciones que se le da al parque Industrial, dependiendo de las distintas actividades que realizan cada industria.

- Zona 1.- Mecánica fina-montaje y electricidad
- Zona 2.- Minerales no metálicos
- Zona 3.- Productos alimenticios
- Zona 4.- Confecciones y empresas micelámicas
- Zona 5.- Empresas emisoras de olor
- Zona 6.- Empresas limpias con alta densidad del personal (Idrovo Landy D. , 2009)



Se puede decir, que esta zonificación “planificada”, no ha sido mantenida, ya que en la actualidad podemos ver que existen empresas que laboran juntas como: empresas alimenticias con empresas que elaboran muebles o empresas metálicas.

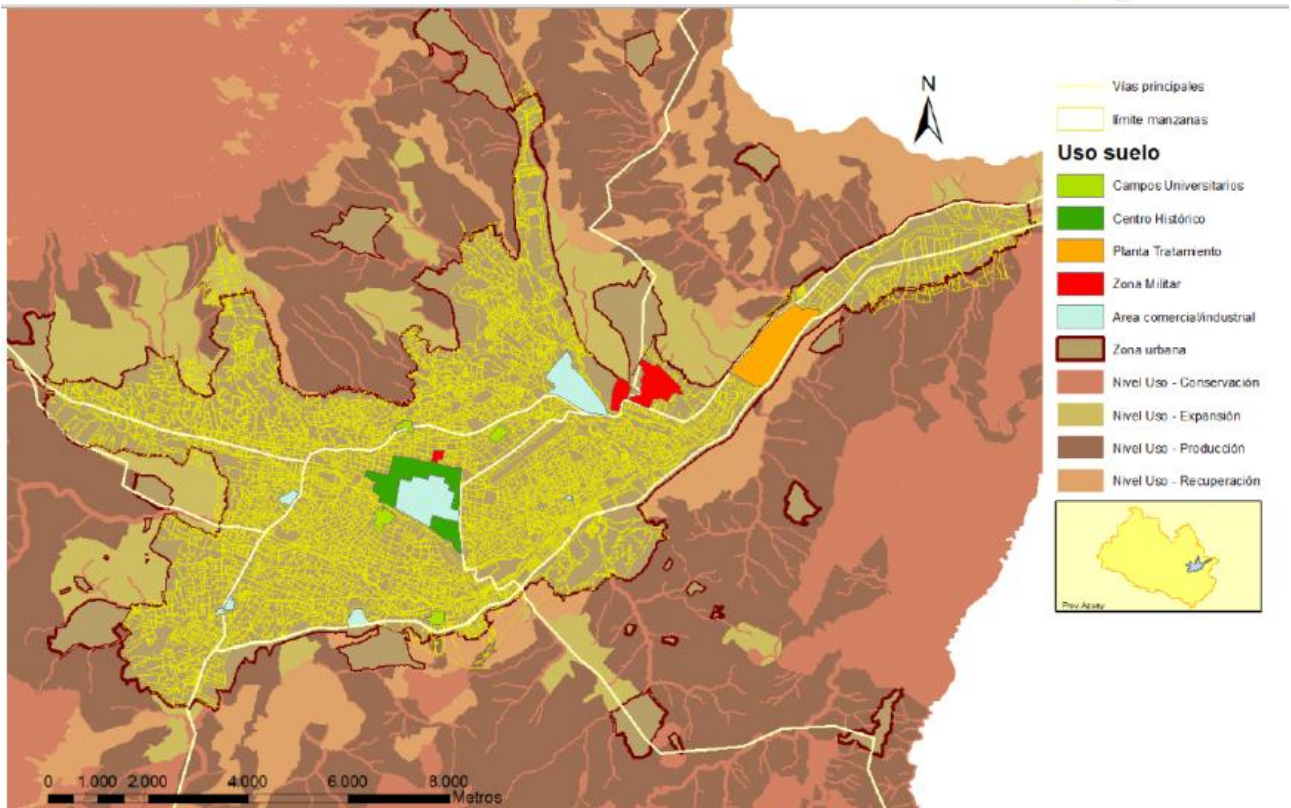
Además de estas zonas identificadas, el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, cuenta también con empresas que se dedican a comercializar, importar, exportar, transporte, entre otras. De las cuales nombraremos algunas a continuación:

- Oficina de trámite de importaciones e importaciones
- Sucursales bancarias
- Centros: fotocopiado, computo, médico, social.
- Terminal de bomberos
- Vigilancia
- Oficinas de consultoría, etc.

Un servicio muy importante con el que cuenta esta zona es el “Centro de Exposiciones Cuenca”, en donde, se da lugar la realización de ferias de diferentes ramas (textiles, cuero, cerámica, madera, etc.). (Carmelina, 2010).

### **3.2.2 USO DEL SUELO**

En el cantón Cuenca se definen diez tipos de uso de suelo, en el cual se destaca la zona “Área comercial/ industrial” la cual coincide con el sector del parque industrial ubicado al noroeste de la ciudad, concentrándose otra porción en la parte céntrica de la ciudad.



**Figura 3:** Uso de Suelo Urbano del Cantón Cuenca

**Fuente:** (Ilustre Municipalidad de Cuenca - PDOT , 2011).

**Elaboración:** (Ilustre Municipalidad de Cuenca - PDOT , 2011).

### 3.3. MUESTRA Y VARIABLES

#### MUESTRA

La muestra considerada para el estudio fueron 29 de las 32 empresas clasificadas como fuentes fijas de combustión, dado a la inexistencia de información de las 3 actividades pertenecientes a los rubros: Alimentos y Embutidos e Industria Automotriz y Químicos.

#### VARIABLES

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Carga contaminante.
- **VARIABLES DEPENDIENTES:** Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Azufre y Monóxido de Carbono.



### 3.4. EMPRESAS EMPLAZADAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL DE CUENCA

El Parque Industrial en la actualidad cuenta con 121 actividades productivas, dentro de las cuales se incluyen: empresas alimenticias, madereras, químicos, textiles, entre otras; en donde la mayoría corresponde a la metalúrgica y metal mecánica. Ver anexo 1.

A continuación se presenta el listado de otras localidades establecidas en el parque Industrial, dentro de las más importantes están: Cámara de la Pequeña Industria, Centro de Exposiciones Huayna Cápac, Asociación de Ingenieros Civiles, SECAP y Corporación de Recicladores.

**Tabla 3:** Otras localidades del Parque Industrial

Aduanas	2
Bodegas	6
Distribuidoras	9
Empresas de Transporte	11
Otros	8

**Fuente:** (Asociación de Empresas del Parque Industrial (AEPIC), 2011)

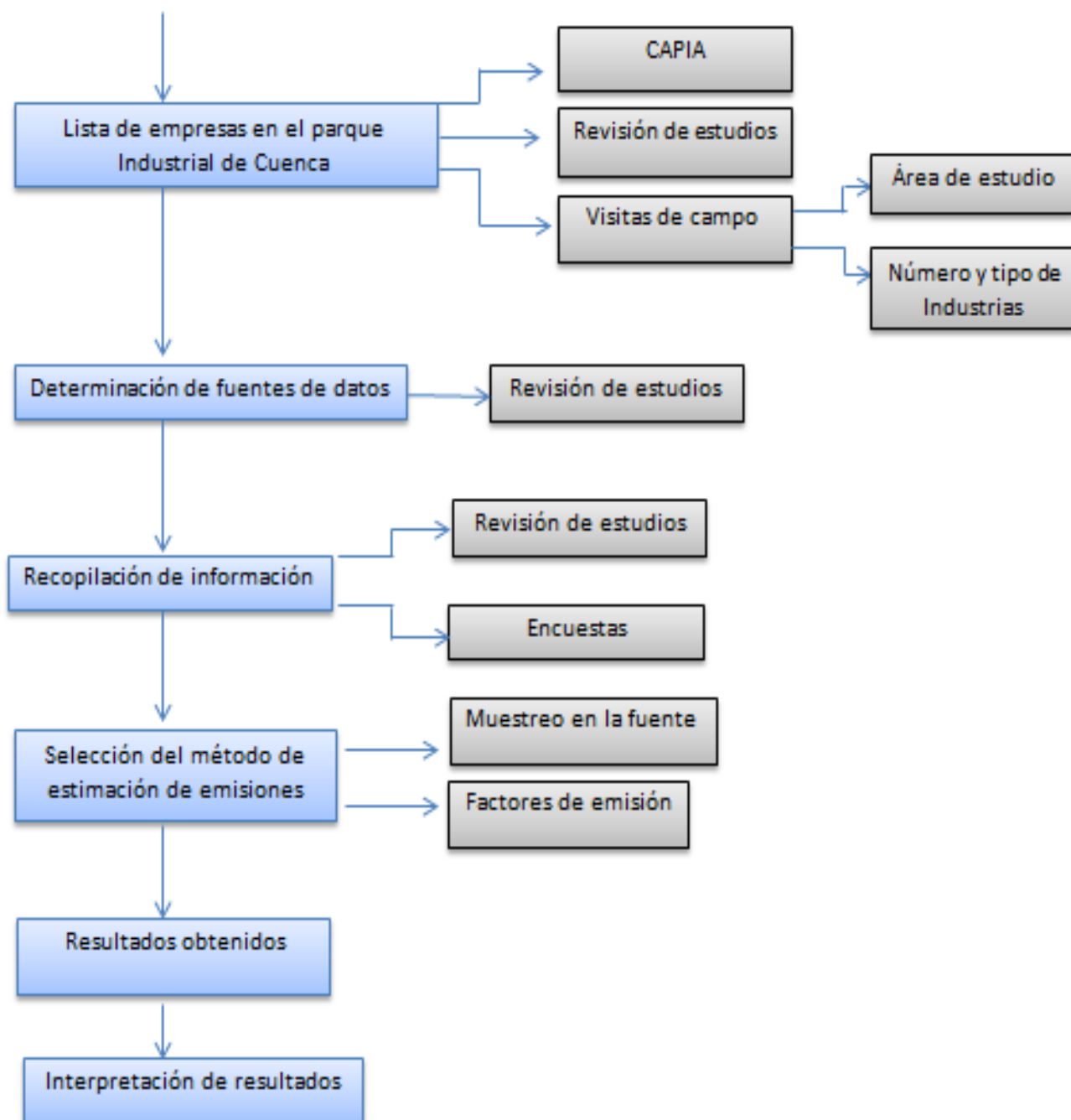
**Elaboración:** Autoras

### 3.5. DESCRIPCION DE LA METODOLOGÍA

Para el desarrollo del Inventario de Emisiones de las fuentes fijas implementadas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, se tomó en cuenta la metodología planteada en la figura 4.



## INVENTARIO DE EMISIONES DE LAS FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN UBICADAS EN EL PARQUE INDUSTRIAL DE CUENCA



**Figura 4:** Proceso para la elaboración del inventario de emisiones atmosféricas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca.

**Fuente:** (Núñez y Sarmiento, 2011)

**Elaboración:** Autoras



### **3.5.1 BASE DE DATOS**

Se realizó una lista actualizada de las empresas implementadas en el Parque Industrial, mediante información obtenida de la Cámara de Pequeña Industria del Azuay (CAPIA), revisión bibliográfica de estudios referente al Parque Industrial y visitas de campo.

Estas visitas se realizaron con la finalidad de actualizar la información existente.

### **3.5.2 DETERMINACIÓN DE FUENTES DE DATOS**

#### **Clasificación de la información**

De la lista actualizada, se seleccionó las empresas consideradas fuentes fijas; para ello, se contó con la aprobación del oficio dirigido a la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) ver anexo 5, con el objetivo de ingresar al archivo de esta institución y obtener información útil para el estudio.

### **3.5.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

La información se obtuvo mediante revisión bibliográfica de los expedientes del archivo de la CGA y visitas de campo permitiendo llenar la hoja de trabajo y conseguir la información de las empresas seleccionadas.

## **3.6 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES**

Los métodos usados para la elaboración de este inventario de emisiones fueron dos:

- Muestreo en la fuente
- Estimación de emisiones mediante factores de emisión

### **3.6.1 MUESTREO EN LA FUENTE**

Estos datos fueron tomados de los estudios de impacto ambiental pertenecientes a cada empresa, encontrándose estos valores en los resultados de las mediciones de los gases de fuentes fijas de combustión.





Para este grupo de empresas se obtuvieron los siguientes datos:

- Velocidad de salida del gas
- Temperatura media de salida del gas
- Diámetro de la chimenea
- Concentraciones de los gases en mg/Nm<sup>3</sup>

A partir de estos datos se obtuvo la carga contaminante emitida por mes de cada rubro, para ello se procedió a usar las siguientes ecuaciones:

### DIÁMETRO

Se obtuvo el valor de la distancia de los diferentes puntos de muestreo en cada puerto de la chimenea, para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} D_A &= D_4 - D_1 \\ D_B &= D_3 - D_2 \end{aligned} \quad [ 1 ]$$

Con el valor del diámetro se obtuvo el área del conducto de la chimenea, partiendo de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = m^2 \quad [ 2 ]$$

### VELOCIDAD DE SALIDA DEL GAS

Para obtener la velocidad media final se procedió a emplear la siguiente ecuación:

$$V_A = \frac{(V_1 + V_4)_{\text{puerto frontal}} + (V_1 + V_4)_{\text{puerto lateral}}}{4} \quad [ 3 ]$$

$$V_b = \frac{(V_2 + V_3)_{\text{puerto frontal}} + (V_2 + V_3)_{\text{puerto lateral}}}{4}$$

### CAUDAL

$$Q = A * v = m^3/s \quad [ 4 ]$$



### Caudal corregido

$$Q_{\text{corregido}} = Q * \left( \frac{273 \text{ K}}{T_{\text{media del gas}} + 273} \right) = m^3/s \quad [5]$$

### Carga contaminante

$$\text{Carga contaminante} = \text{Concentración promedio del gas en } \frac{\text{mg}}{\text{Nm}^3} * Q_{\text{corregido}} = \text{mg/s} \quad [6]$$

El resultado anterior se debe expresar en Kg/h.

Para realizar las encuestas se procedió a realizar una hoja de trabajo, en la que se detallan las especificaciones técnicas de las calderos/hornos y chimeneas, esta información fue proporcionada por un miembro o representante de la empresa, la misma se encuentra en el anexo 2.

### 3.6.2 ESTIMACIÓN DE EMISIONES MEDIANTE FACTORES DE EMISIÓN

Para la estimación de las emisiones se empleó los factores de emisión, los mismos fueron extraídos principalmente del compendio AP-42 de la EPA y fueron considerados dependiendo del tipo de combustible que la empresa utilice.

La metodología general para la obtención de las estimaciones de las emisiones atmosféricas, sin importar el tipo de actividad es la siguiente:

$$E = fe * Na * \left( 1 - \frac{Ea}{100} \right) \quad [7]$$

Donde:

- E= Emisión
- fe= Factor de emisión
- Na= Nivel de actividad diaria, semanal y mensual de la fuente estimada
- Ea= Eficiencia de abatimiento. (Dirección General de Salud Ambiental de Perú, 2005).



La eficiencia de abatimiento se emplea para empresas que cuenten con algún sistema de control, el mismo representa la reducción de emisiones que puede lograrse a través de la implementación de un equipo de reducción de emisiones, en el caso de que la empresa no cuente con la operación de un equipo de control de emisiones, esta variable se considera con valor cero.

Durante la evaluación se emplea la metodología de tipo predictiva y proyectiva (Hernández, 2009), que permitan anticipar el comportamiento de los contaminantes y a la vez proponer soluciones para las correcciones necesarias conforme a los resultados obtenidos.

En las tablas 4, 5, 6, 7 y 8 se presentan los factores de emisión, los mismos que dependen del tipo de combustible que emplean las diferentes empresas.

**Tabla 4: Factores de emisión empleados por calderas a GLP.**

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/kg GLP)	FUENTE/ EDICIÓN/AÑO DE PUBLICACIÓN
GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)	CO	0,00076	AP-42 de la EPA , LPGI Combustion. Industrial Boilers, Quinta Edición/1998.
	NO <sub>x</sub>	0,00441	
	SO <sub>x</sub>	0,00031	

**Fuente:** (Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile, 2009)

**Elaboración:** Autoras

**Tabla 5: Factores de emisión empleados por calderas a Gas Natural**

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/kg GN)	FUENTE/ EDICIÓN/AÑO DE PUBLICACIÓN
GAS NATURAL (SCC 1-02-006-01)	CO	0,00189	AP-42 de la EPA, Natural gas combustión. Quinta Edición/1998.
	NO <sub>x</sub>	0,00226	
	SO <sub>x</sub>	0,00028	

**Fuente:** (Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile, 2009)

**Elaboración:** Autoras



**Tabla 6:** Factores de emisión empleados por calderas a Petróleo 6 (Bunker)

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/kg PET6)	FUENTE/ EDICIÓN/AÑO DE PUBLICACIÓN
PET 6 (SCC 1-02-004-01)	CO	0,00061	AP-42 de la EPA, Fuel Oil Combustion, Quinta Edición/1998.
	NO <sub>x</sub>	0,00676	
	SO <sub>x</sub>	0,02364	

**Fuente:** (Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile, 2009)

**Elaboración:** Autoras

**Tabla 7:** Factores de emisión empleados por calderas a petróleo 2 (diésel).

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/kg PET2)	FUENTE/ EDICIÓN/AÑO DE PUBLICACIÓN
PET 2 (Diesel) (SCC 1-02-005-01)	CO	0,00071	AP-42 de la EPA, Fuel Oil Combustion, Quinta Edición/1998.
	NO <sub>x</sub>	0,00283	
	SO <sub>x</sub>	0,00420	

**Fuente:** (Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile, 2009)

**Elaboración:** Autoras

**Tabla 8:** Factores de emisión empleados por calderas a leña.

COMBUSTIBLE	CONTAMINANTE	FACTOR DE EMISIÓN (kg/kg Leña)	FUENTE/ EDICIÓN/AÑO DE PUBLICACIÓN
LEÑA (SCC 1-02-009-01)	CO	0,00680	AP-42 de la EPA, Wood Residue Combustion In Boilers, ENAP para SO <sub>2</sub> / Quinta Edición/1998
	NO <sub>x</sub>	0,00075	
	SO <sub>x</sub>	0,00004	

**Fuente:** (Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile, 2009)

**Elaboración:** Autoras



## CAPITULO IV

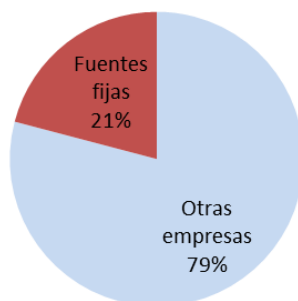
### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la ejecución del Inventario de Emisiones Atmosféricas de fuentes fijas de combustión de los contaminantes ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  y  $\text{CO}$ ), originados por las industrias que se encuentran establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca; se realizó la estimación empleando dos metodologías las cuales proporcionan valores cuantitativos de la generación de emisiones atmosféricas, permitiendo evaluar su aplicabilidad en estudios que se realicen posteriormente. Tanto en el estudio desarrollado por Ibarra y col., 2006, Pareja y col., 2012; como en el de Jaramillo y col., 2004; establecen que el mejor método para elaborar un inventario de emisiones es el de factores de emisión, debido a la disponibilidad de información y los recursos con los que se puede contar.

De las 121 empresas ubicadas en el parque industrial se encontraron 32 consideradas como fuentes fijas de combustión, representando el 21% del total.

---

#### Porcentaje de empresas consideradas fuentes fijas

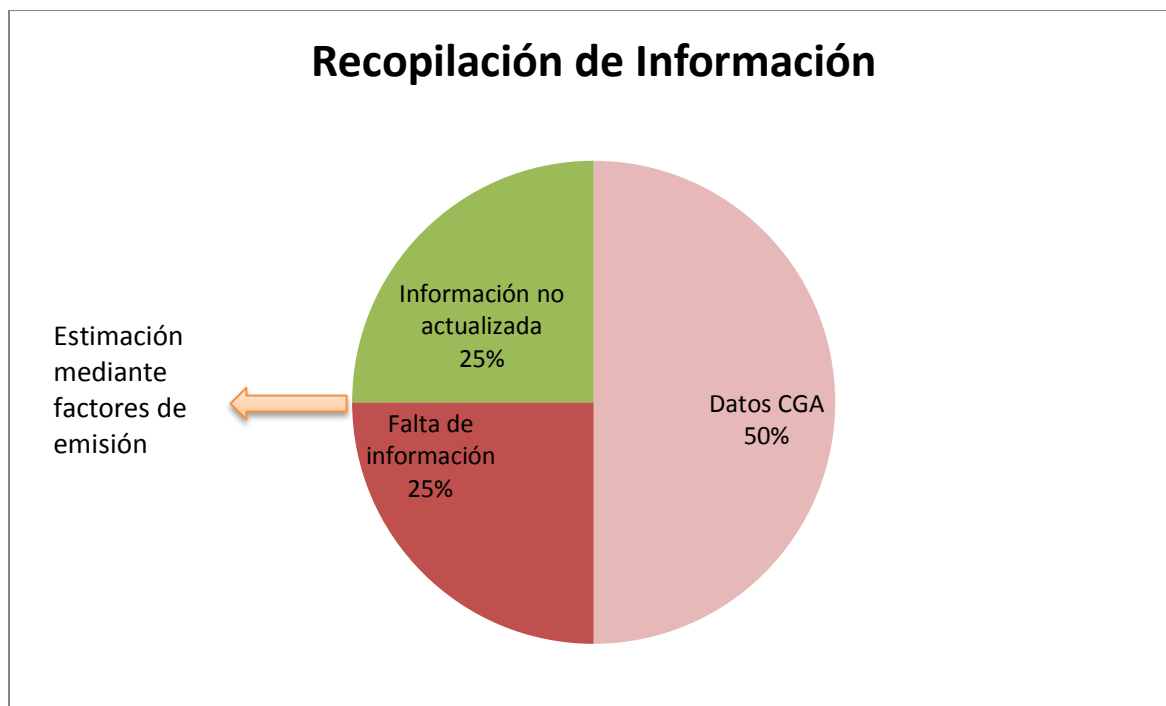


**Figura 5:** Porcentaje de empresas consideradas fuentes fijas

**Fuente:** Comisión de Gestión de Ambiental

**Elaboración:** Autoras

De las 32 empresas clasificadas como fuentes fijas de combustión, se obtuvo el 75% de información en el archivo de la CGA, de este porcentaje el 25% no fue considerado por no estar actualizado sus datos. El 50% restante de información se calculó mediante factores de emisión.



**Figura 6:** Porcentaje de información recopilada.

**Fuente:** Comisión de Gestión Ambiental

**Elaboración:** Autoras

Aponte y col., 2010; establecen la importancia de realizar una clasificación por categorías dependiendo de la actividad productiva, con la finalidad de obtener resultados más representativos.

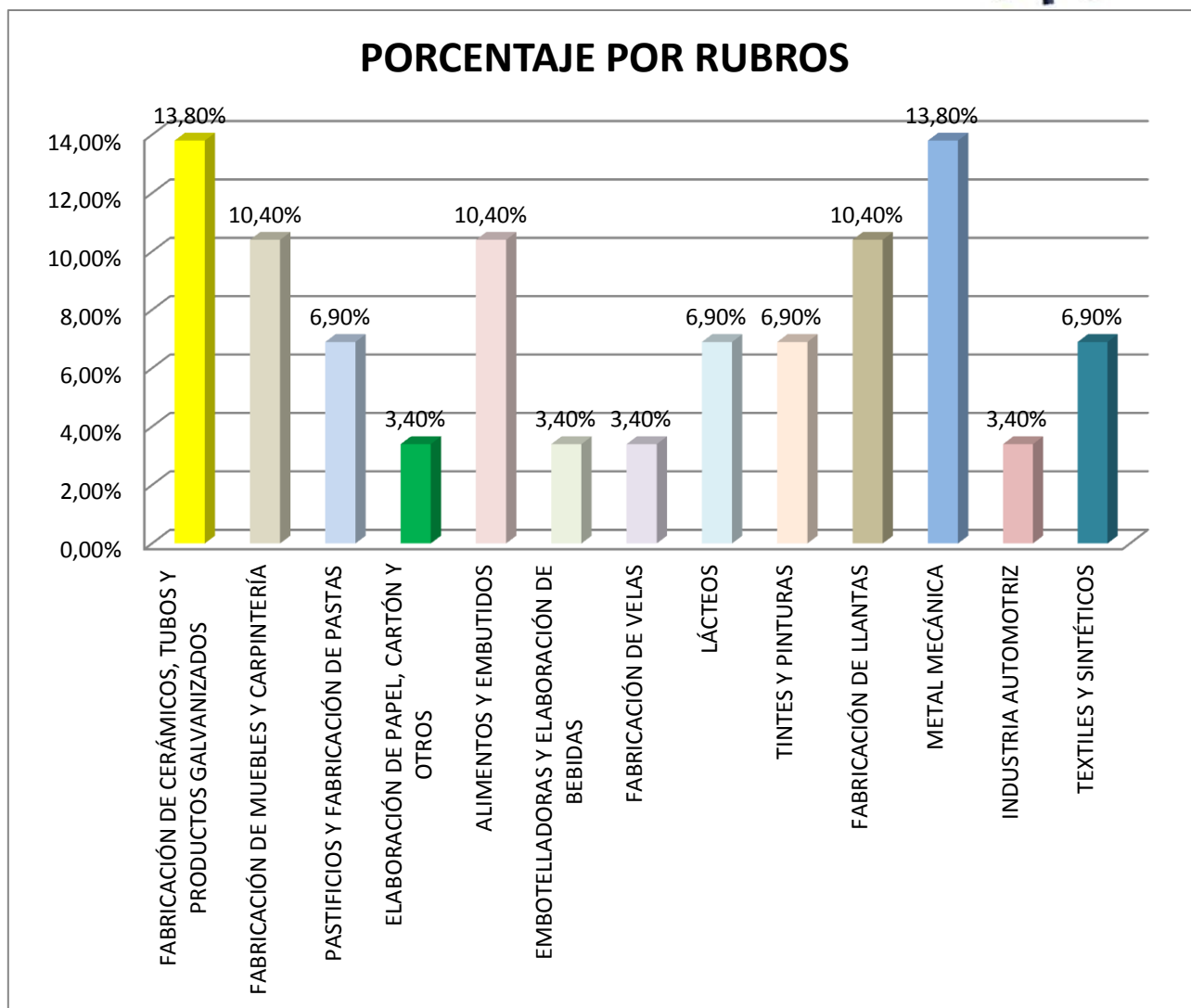
A continuación se presenta la tabla de las empresas clasificadas por rubros.



**Tabla 9:** Clasificación de empresas por rubros.

RUBRO	NÚMERO DE EMPRESAS	NÚMERO DE DISPOSITIVOS
FABRICACIÓN DE CERÁMICOS, TUBOS Y PRODUCTOS GALVANIZADOS	4	26
FABRICACIÓN DE MUEBLES Y CARPINTERÍA	3	3
PASTIFICIOS Y FABRICACIÓN DE PASTAS	2	2
ELABORACIÓN DE PAPEL, CARTÓN Y OTROS	1	3
ALIMENTOS Y EMBUTIDOS	3	3
EMBOTELLADORAS Y ELABORACIÓN DE BEBIDAS	1	1
FABRICACIÓN DE VELAS	1	2
LÁCTEOS	2	4
TINTES Y PINTURAS	2	3
FABRICACIÓN DE LLANTAS	3	3
METAL MECÁNICA	4	8
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	1	1
TEXTILES Y SINTÉTICOS	2	6

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras



**Figura 7:** Porcentaje por Rubro

**Fuente:** Autoras

**Elaboración:** Autoras

Montoya, 2013; en el análisis por actividad productiva encontró que los sectores textil y confección metalmecánico, bebidas, alimentos y tabaco, químico cerámicos y vítreos; contribuyen con el 77% de las empresas, es decir, cinco sectores de los doce identificados agrupan la mayor proporción de empresas. De la tabla 9 y la figura 7 se concluye que los rubros más representativos son: metal mecánica, fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados, conformados por cuatro empresas cada uno, con un porcentaje de 13.8% del total, es decir, tres de los trece rubros establecidos, obteniendo un porcentaje inferior en comparación con el estudio antes mencionado.





#### 4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS POR FUENTES DE INFORMACIÓN

Como se puede observar en la tabla 10, la mayor fuente de emisión dentro de las empresas seleccionadas como fuentes fijas de combustión, es la caldera, debido a que las empresas emplean este tipo de dispositivo principalmente para la generación de vapor ya sea para la cocción de alimentos, secado, preparación de bebidas, rencauche de llantas, entre otros. Es necesario destacar que para el funcionamiento de la caldera se requieren grandes cantidades de combustible, por tanto, se estima que existan emisiones considerables a la atmósfera por parte de las empresas que hacen uso de esta fuente. Por otro lado, los hornos que también son considerados como fuentes de emisión, empleados principalmente para fundición, tratamientos térmicos, procesos químicos, entre otros; son de menor uso en la zona de estudio.

De las 32 empresas se encontraron que 5 no cumple con lo que establece el TULSMA, libro VI de la Calidad Ambiental en su artículo 22, en el cual se especifica que toda actividad o proyecto deberá someterse a un proceso de evaluación de impacto ambiental.



**Tabla 10:** Características de las empresas clasificadas por rubros

RUBRO	EMPRESA	ACTIVIDAD	FUENTE DE EMISION	NÚMERO DE DISPOSITIVOS	TIPO DE COMBUSTIBLE	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
<b>Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados</b>	Empresa A	Producción de cerámicas para pisos y paredes en gres y porcelanato	Horno	23	Gas licuado natural (GLN)	Si
	Empresa B	Elaboración de tuberías de acero y productos galvanizados	Horno	2	Diésel	Si
	Empresa C	Fabricación de cerámica	Caldero	1	GLP	Si
	Empresa D	Elaboración de trabajos con PVC, calandrados y laminados	Caldero	1	Diésel	Si
<b>Fabricación de muebles y carpintería</b>	Empresa E	Fabricación de muebles	Caldero	1	Madera	No
	Empresa F	Fabricación de partes y piezas de todo tipo de muebles, de cualquier material	Caldero	1	Madera	Si
	Empresa G	Fabricación de muebles y accesorios (no metálicos)	Caldero	1	Madera	Si
<b>Pastificio y fabricación de pastas</b>	Empresa H	Fabricación de fideos	Caldero	1	Diésel	Si
	Empresa I	Fabricación de fideos	Caldero	1	Diésel	Si



RUBRO	EMPRESA	ACTIVIDAD	FUENTE DE EMISION	NÚMERO DE DISPOSITIVOS	TIPO DE COMBUSTIBLE	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
Elaboración de papel, cartón y otros	Empresa J	División de empaques de cartón, de papel y de reciclados	Caldero	3	Bunker	Si
Alimentos y Embutidos	Empresa K	Elaboración de embutidos	Caldero	1	Diésel	Si
	Empresa L	Elaboración de embutidos	Caldero	1	Diésel	No
	Empresa M	Elaboración de pan	Horno	1	Diésel	Si
Embotelladora y elaboración de bebidas	Empresa N	Elaboración de bebidas no alcohólicas, y envasado de agua para bebida	Caldero	1	Diésel	Si
Fabricación de velas	Empresa O	Elaboración de velas de colores	Caldero	2	Diésel	Si
Lácteos	Empresa P	Elaboración de lácteos	Caldero	1	Bunker	Si
	Empresa Q	Procesamiento de leche de vaca, leches saborizadas, productos derivados de la leche, leche en polvo y néctar de frutas	Caldero	3	Diésel	Si
Tintes y pinturas	Empresa R	Fabricación de pinturas y pegamentos	Caldero	2	Bunker	Si
	Empresa S	Elaboración de fritas y pigmentos	Caldero	1	Gas natural	No



RUBRO	EMPRESA	ACTIVIDAD	FUENTE DE EMISION	NÚMERO DE DISPOSITIVOS	TIPO DE COMBUSTIBLE	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
<b>Fabricación de llantas</b>	Empresa T	Reencauchado de llantas usadas	Caldero	1	Diésel	Si
	Empresa U	Elaboración de neumáticos	Caldero	1	Bunker	Si
	Empresa V	Fabricación de llantas y cámaras de caucho natural y sintético para automóviles, camiones, aeronaves, tractores y otros tipos de equipo.	Caldero	1	Diésel	Si
<b>Metal mecánica</b>	Empresa W	Fabricación de cocinas y hornos	Horno	3	Diésel	Si
	Empresa X	Fabricación de cilindros	Caldero - Horno	3	Diesel	Si
	Empresa Y	Fabricación de hierro	Horno	1	GLP	No
	Empresa Z	Fabricación de soldaduras y metales	Caldero	1	Diésel	Si
<b>Industrias Automotriz</b>	Empresa AA	Fabricación de base de motor para autos	Caldero	1	Diésel	No



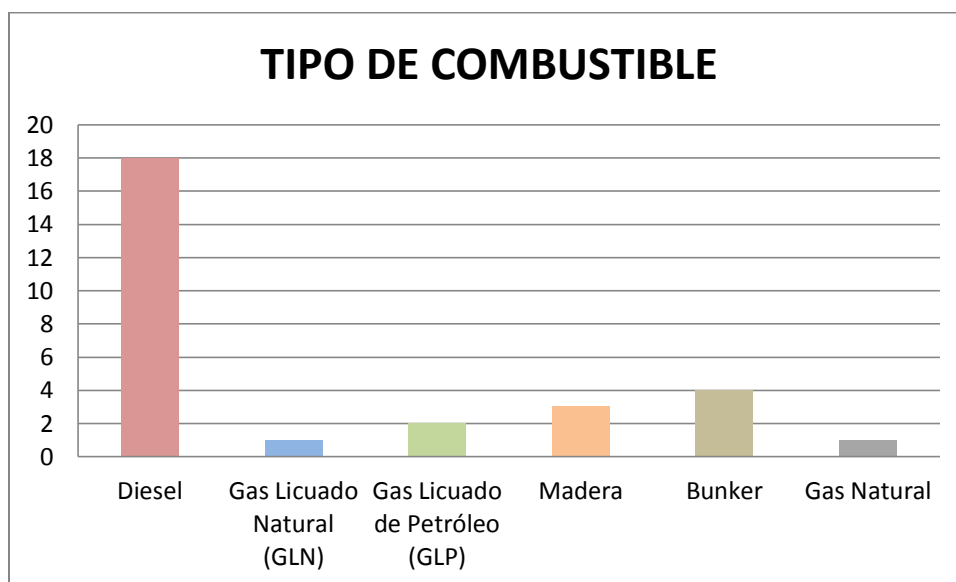
RUBRO	EMPRESA	ACTIVIDAD	FUENTE DE EMISION	NÚMERO DE DISPOSITIVOS	TIPO DE COMBUSTIBLE	ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
<b>Textiles y sintéticos</b>	Empresa AB	Fabricación de prendas de vestir	Caldero	5	Diésel	Si
	Empresa AC	Elaboración de textiles	Caldero	1	Diésel	Si

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras



Núñez y Sarmiento, 2011 indican que el diésel es considerado un combustible sucio, pues genera grandes emisiones de  $\text{SO}_x$ , impurezas y cenizas. Como se observa en la figura 8, el diésel seguido del bunker son los combustibles con mayor uso en esta zona, estos combustibles al ser líquidos, su combustión es más compleja y su eficiencia disminuye. Las empresas que trabajan con madera emplean los residuos de la misma como combustible, siendo las responsables de la mayor generación de CO.

Aponte y col., 2010 y Montoya, 2013; en sus inventarios concluyen que el gas natural es el combustible más usado, al generar mayor cantidad de energía mostrando la tendencia al uso de combustibles gaseosos debido a que son considerados limpios y sus precios son más favorables. En la zona de estudio se evidencia la existencia de industrias que emplean combustibles amigables con el ambiente; sin embargo, la empresa que hace uso de estos combustibles, es aquella con mayor generación de  $\text{NO}_x$ , la causa de ello se debe al número de equipos con los que cuenta, 23 fuentes fijas.



**Figura 8:** Tipo de Combustible

**Fuente:** Autoras

**Elaboración:** Autoras

## 4.2 EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS INDUSTRIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN LOS RUBROS.

En la tabla 11, se muestra las emisiones atmosféricas por cada contaminante calculados por muestreo en la fuente, mientras que en la tabla 12 las emisiones calculadas mediante factores de emisión establecidos por la EPA.

**Tabla 11:** Carga contaminante kg/h por muestreo en la fuente.

RUBRO	EMPRESA	CARGA CONTAMINANTE (kg/h)		
		CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados	Empresa A	0.7458	3.6996	2.7358
	Empresa B	0.0847	0.4629	0.1021
	Empresa D	0.044	0.0209	0.0699
Fabricación de muebles y carpintería	Empresa G	1.0745	0.0164	0.0033
Elaboración de papel, cartón y otros	Empresa J	0.1182	3.3788	8.7194
Alimentos y embutidos	Empresa K	0.0076	0.5326	0.9097
	Empresa L	0.11	0.0129	0.0204
Embotelladora y elaboración de bebidas	Empresa N	0.0202	0.1122	0.2787
Fabricación de velas	Empresa O	0.2865	0.5914	1.3571
Lácteos	Empresa Q	0.028	0.1975	0.3436
Fabricación de llantas	Empresa U	0.0686	0.3242	1.1214
Metal mecánica	Empresa W	0.3375	0.2371	0.2278
	Empresa X	0.0274	2.3163	0.0575
	Empresa Z	0.4738	0.0676	0.1802
Textiles y sintéticos	Empresa AB	0.5348	1.4408	5.7197

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras



**Tabla 12:** Carga contaminante por factor de emisión.

RUBRO	EMPRESA	TIPO DE DISPOSITIVO	CARGA CONTAMINANTE (kg/h)		
			CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
FABRICACIÓN DE CERÁMICOS, TUBOS Y PRODUCTOS GALVANIZADOS	Empresa C	Caldero	0.0039	0.0227	0.0016
FABRICACIÓN DE MUEBLES Y CARPINTERÍA	Empresa E	Caldero	0.3124	0.0345	0.0018
	Empresa F	Caldero	0.2777	0.0306	0.0016
PASTIFICIOS Y FABRICACIÓN DE PASTAS	Empresa H	Caldero	0.0155	0.0619	0.0919
	Empresa I	Caldero	0.0124	0.0495	0.0735
ALIMENTOS Y EMBUTIDOS	Empresa M	Horno	0.005	0.0198	0.0294
LÁCTEOS	Empresa P	Caldero	0.0282	0.3121	1.0916
TINTES Y PINTURAS	Empresa R	Caldero KONUSS	0.0062	0.0248	0.0367
		Caldero DISTRAL	0.0091	0.1013	0.3542
	Empresa S	Caldero	0.021	0.0251	0.0031
FABRICACIÓN DE LLANTAS	Empresa T	Caldero	0.0031	0.0124	0.0184
	Empresa V	Caldero	0.0009	0.0037	0.0055
METAL MECÁNICA	Empresa Y	Horno	0.0068	0.0395	0.0028
INDUSTRIA AUTOMOTRIZ	Empresa AA	Caldero	0.0031	0.0124	0.0184
TEXTILES Y SINTÉTICOS	Empresa AC	Caldero	0.0342	0.1362	0.2021

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

Al no existir límites máximos permisibles de la carga contaminante que nos permita hacer una comparación, se procede a establecer rangos para clasificar los resultados obtenidos en valores altos, medios y bajos.

En las tablas 13, 14 y 15; se aprecian los rangos para cada contaminante que son considerados como altos medios y bajos, para las empresas.



**Tabla 13:** Rangos altos, medios y bajos del CO kg/h por empresa

CO en kg/h	
<b>ALTO</b>	1.0745 - 0.7167
<b>MEDIO</b>	0.7166 - 0.3588
<b>BAJO</b>	0.3587 - 0.0009

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

**Tabla 14:** Rangos altos, medios y bajos del NO<sub>x</sub> kg/h por empresa.

NO <sub>x</sub> en kg/h	
<b>Alto</b>	3.6996 - 2.4676
<b>Medio</b>	2.4675 - 1.2357
<b>Bajo</b>	1.2356 - 0.0037

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

**Tabla 15:** Rangos altos, medios y bajos del SO<sub>2</sub> kg/h por empresa.

SO <sub>2</sub> en kg/h	
<b>Alto</b>	8.7194 - 5.8136
<b>Medio</b>	5.8135 - 2.9076
<b>Bajo</b>	2.9075 - 0.0016

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

En la tabla 16, se puede apreciar que la empresa G es la de mayor aportación de CO con un valor de 1.07 kg/h, la empresa A es la que genera mayor cantidad de NO<sub>x</sub> produciendo 3.69 kg/h y la empresa J genera mayor cantidad de SO<sub>2</sub> contribuyendo con un valor de 8,71 kg/h.

**Tabla 16:** Carga contaminante total por empresa.

RUBRO	EMPRESA	CARGA CONTAMINANTE (kg/h)		
		CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados	Empresa A	0.7458	3.6996	2.7358
	Empresa B	0.0847	0.4629	0.1021
	Empresa C	0.0039	0.0227	0.0016
	Empresa D	0.044	0.0209	0.0699
Fabricación de muebles y carpintería	Empresa E	0.3124	0.0345	0.0018
	Empresa F	0.2777	0.0306	0.0016
	Empresa G	1.0745	0.0164	0.0033
Pastificio y fabricación de pastas	Empresa H	0.0155	0.0619	0.0919
	Empresa I	0.0124	0.0495	0.0735
Elaboración de papel, cartón y otros	Empresa J	0.1182	3.3788	8.7194
Alimentos y embutidos	Empresa K	0.0076	0.5326	0.9097
	Empresa L	0.11	0.0129	0.0204
	Empresa M	0.005	0.0198	0.0294
Embotelladora y elaboración de bebidas	Empresa N	0.0202	0.1122	0.2787
Fabricación de velas	Empresa O	0.2865	0.5914	1.3571
Lácteos	Empresa P	0.0282	0.3121	1.0916
	Empresa Q	0.028	0.1975	0.3436
Tintes y pinturas	Empresa R	0.0154	0.126	0.391
	Empresa S	0.021	0.0251	0.0031
Fabricación de llantas	Empresa T	0.0031	0.0124	0.0184
	Empresa U	0.0686	0.3242	1.1214
	Empresa V	0.0009	0.0037	0.0055
Metal mecánica	Empresa W	0.3375	0.2371	0.2278
	Empresa X	0.0274	2.3163	0.0575
	Empresa Y	0.0068	0.0395	0.0028
	Empresa Z	0.4738	0.0676	0.1802
Industrias Automotriz	Empresa AA	0.0031	0.0124	0.0184
Textiles y sintéticos	Empresa AB	0.5348	1.4408	5.7197
	Empresa AC	0.0342	0.1362	0.2021

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras



En la tabla 17, 18 y 19 se presentan los rangos considerados como altos, medios y bajos para los rubros establecidos en el estudio.

**Tabla 17:** Rangos altos, medios y bajos del CO kg/h por rubro.

CO en kg/h	
Alto	1.665 – 1.113
Medio	1.112 – 0.558
Bajo	0.557 – 0.003

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

**Tabla 18:** Rangos altos, medios y bajos del NO<sub>x</sub> kg/h por rubro.

NO <sub>x</sub> en kg/h	
Alto	4.206 – 2.819
Medio	2.818 – 1.42
Bajo	1.41 – 0.012

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

**Tabla 19:** Rangos altos, medios y bajos del SO<sub>2</sub> kg/h por rubro.

SO <sub>2</sub> en kg/h	
Alto	8.719 - 5.817
Medio	5.816 - 2.912
Bajo	2.911 - 0.007

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

En la tabla 20 se aprecia los resultados por rubros de los contaminantes, resultando Fabricación de muebles y carpintería ser el mayor generador del contaminante CO; mientras que para el NO<sub>x</sub> es el rubro Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados; finalmente para el contaminante SO<sub>2</sub> el rubro con mayor generación es el Elaboración de papel, cartón y otros. En cuanto al rubro con menor contaminación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, corresponde a Fabricación de muebles y carpintería, y del contaminante CO es el rubro Embotelladoras y elaboración de bebidas.

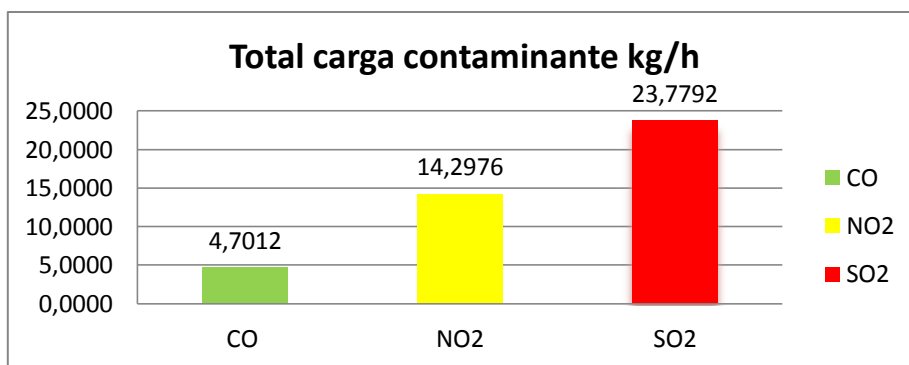


**Tabla 20:** Carga contaminante por rubro.

RUBRO	CARGA CONTAMINANTE (kg/h)		
	CO	NO2	SO2
Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados	0.878	4.206	2.909
Fabricación de muebles y carpintería	1.665	0.081	0.007
Pastificio y fabricación de pastas	0.028	0.111	0.165
Elaboración de papel, cartón y otros	0.118	3.379	8.719
Alimentos y embutidos	0.123	0.565	0.96
Embotelladora y elaboración de bebidas	0.02	0.112	0.279
Fabricación de velas	0.286	0.591	1.357
Lácteos	0.056	0.51	1.435
Tintes y pinturas	0.036	0.151	0.394
Fabricación de llantas	0.073	0.34	1.145
Metal mecánica	0.845	2.66	0.468
Industrias Automotriz	0.003	0.012	0.018
Textiles y sintéticos	0.569	1.577	5.922

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

La carga contaminante está directamente relacionada con el número de dispositivos existentes (hornos y calderos) y el tiempo de funcionamiento de los mismos, los resultados obtenidos indican que no necesariamente el rubro que cuenta con mayor número de empresas será el mayor emisor; tal es el caso del rubro Elaboración de papel, cartón y otros, conformado por una empresa, la misma que genera la mayor cantidad de SO<sub>2</sub>.



**Figura 9:** Total carga contaminante kg/h.

**Fuente:** Autoras

**Elaboración:** Autoras

Coincidiendo con el estudio de Rangel y Tami, 2012; titulado Inventario de emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas ubicadas en la zona industrial de Chimitá a lo largo de la vía entre Palenque y Café Madrid, en donde el contaminante con mayor representatividad es el SO<sub>2</sub>, teniendo en cuenta que en concentraciones elevadas afecta a la salud humana provocando enfermedades respiratorias o cardiovasculares y en el ambiente contribuye a la formación del smog fotoquímico y lluvia ácida; por esto se recomienda a las empresas que lo requieran, la implementación de dispositivos que ayuden a minimizar las emisiones de los gases, resultando importante y necesario la intervención de la autoridad ambiental, mediante la implementación de medidas más exigentes que ayuden a reducir las emisiones de los contaminantes.

### 4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se lo realiza con el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), obteniendo el valor de Sig. Asintótica, a través del cual se determina la existencia de una diferencia significativa o no de los resultados obtenidos.

**Tabla 21:** Análisis estadístico descriptivo

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
CO	29	0,162110	0,2587665	0,0009	1,0745
NO <sub>x</sub>	29	0,4930	0,97660	0,00	3,70
SO <sub>2</sub>	29	0,8200	1,91195	0,00	8,72
VAR00002	29	6,689655	4,0892145	1,0000	13,0000

**Fuente:** Autoras

**Elaboración:** Autoras

**Tabla 22:** Análisis Estadístico de la prueba de Kruskal – Wallis

	VAR00002	N	Rango promedio
CO	1,0000	4	17,00
	2,0000	3	25,00
	3,0000	2	9,00
	4,0000	1	21,00
	5,0000	3	10,67
	6,0000	1	11,00
	7,0000	1	23,00
	8,0000	2	14,50
	9,0000	2	10,50
	10,0000	3	7,17
	11,0000	4	17,50
	12,0000	1	2,50
	13,0000	2	21,50
	Total	29	
NO <sub>x</sub>	1,0000	4	16,75
	2,0000	3	8,67
	3,0000	2	13,50
	4,0000	1	28,00
	5,0000	3	11,33
	6,0000	1	16,00
	7,0000	1	25,00
	8,0000	2	20,00
	9,0000	2	13,00
	10,0000	3	8,50
	11,0000	4	18,50
	12,0000	1	2,50
	13,0000	2	22,00
	Total	29	
SO <sub>2</sub>	1,0000	4	14,38
	2,0000	3	3,50
	3,0000	2	14,50
	4,0000	1	29,00
	5,0000	3	14,67
	6,0000	1	20,00
	7,0000	1	26,00
	8,0000	2	22,50
	9,0000	2	13,50
	10,0000	3	13,50
	11,0000	4	13,00
	12,0000	1	8,50
	13,0000	2	23,00
	Total		
		29	

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras



**Tabla 23:** Estadísticos de contraste

	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Chi-cuadrado	14,502	12,905	14,506
gl	12	12	12
Sig. asintót.	,270	,376	,270

**Fuente:** Autoras  
**Elaboración:** Autoras

De la tabla 23 se obtiene que cuando Sig. asintótica es mayor a 0.005 no hay diferencia significativa y cuando es menor a 0.005 existe diferencia significativa.

Cremades y Rincón 2011 y Marshall y col., 2012; manifiestan que dentro de un inventario es importante realizar un análisis estadístico que permita efectuar una valoración cuantitativa de la calidad de los resultados. Cremades y Rincón utilizan la medida de la incertidumbre la cual proporciona una idea de la calidad del resultado, posteriormente emplea un modelo de dispersión mediante la cual valora las ecuaciones y suposiciones propias del modelo mientras que Marshall y col., 2012 en su ensayo a través de una correlación gráfica obtienen el valor de  $R^2$  de 0,98, lo que indica un alto nivel de precisión. Coincidiendo con lo expresado anteriormente se realiza un análisis estadístico a los resultados de la investigación, mediante la aplicación del estadígrafo de Kruskal-Wallis para determinar si hay diferencia significativa entre las concentraciones de los diferentes rubros y parámetros de gases de combustión, se observa que Sig. asintótico es mayor a 0.005 por lo tanto se concluye que no hay diferencia significativa en las concentraciones de los diferentes rubro.



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio se realizó un inventario actualizado de las fuentes fijas establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, consiguiendo obtener una cuantificación de la carga contaminante generada de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}$ , de cada empresa y rubro. También podemos encontrar un listado de las empresas que conforman el Parque Industrial.

De las 121 empresas establecidas en el área de estudio, se encontraron 32 que fueron consideradas como fuentes fijas de combustión; para el análisis se tomaron 29, debido a la inexistencia de datos y a la poca apertura requerida para efectuar la estimación.

De los resultados obtenidos el  $\text{SO}_2$  es el contaminante con mayor generación por parte de las empresas, produciendo un total de 23.77 kg/h, siendo el rubro Elaboración de papel cartón y otros el mayor aportador con 8.71 kg/h, el cual emplea búnker para su combustión. El  $\text{CO}$  es el contaminante de menor emisión con un valor de 4.70 kg/h, el rubro Fabricación de muebles y carpintería es el mayor productor con 1.66 kg/h; el mismo se encuentra conformado por tres empresas que emplean madera como combustible.

Finalmente se identificó a los rubros que aportan con la mayor generación de carga contaminante en el Parque Industrial de la ciudad, resultando ser estos: Elaboración de papel, cartón y otros, Fabricación de cerámicos, tubos y productos galvanizados y Fabricación de muebles y carpintería.

#### 5.2 RECOMENDACIONES





Se recomienda la elaboración permanente de una base de datos de las fuentes fijas de combustión, que se actualice como mínimo una vez al año. La autoridad ambiental competente, debe realizar capacitaciones referentes a los inventarios de emisiones atmosféricas, con la finalidad de que los responsables de las empresas obtengan información relacionada a este tema; para que a la hora de solicitar la información requerida, la puedan brindar con mayor facilidad y claridad. Finalmente las empresas deberían implementar en sus manejos ambientales programas para el mantenimiento de las fuentes emisoras así como la implementación de sistemas que ayuden a optimizar los procesos de combustión.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

Aguiñaga Vallejo, M. (2011). *Norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión*. Quito: Registro Oficial N- 464.

---



- Aponte, C., Silva, J. P., & Laín, S. (2010). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos primarios de fuentes fijas puntuales en la Comuna 4 de la ciudad de Cali. *El Hombre y la Máquina* núm. 34, 106-114.
- Ariza, L., Sánchez, M., & Franco, J. (2013). Percepción ciudadana sobre el impacto de la contaminación atmosférica en salud y calidad de vida. *Revista ÉPSILON*, 175.
- Asociación de Empresas del Parque Industrial (AEPIC). (18 de Septiembre de 2011). Empresas del Parque Industrial. Cuenca, Ecuador.
- Bonilla, J., Carranza, M., Castillo, M., & Belthetón, A. (2009). Termodinámica de equipos industriales: Eficiencia Energética de una Caldera. *Revista Electrónica*, 18 - 34.
- Cáceres, D. (26 de Febrero de 2013). 19 estaciones monitorean el aire en Cuenca. *EL TIEMPO*, pág. 8.
- Carmelina Asmal, A. (21 de Julio de 2010). "Análisis del turismo Industrial de la provincia del Azuay como alternativa de desarrollo turístico. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Castells, E. (2012). La combustión-factores endógenos y exógenos. En *Tratamiento y Valoración Energética de Residuos* (págs. 183-184). Madrid: Díaz de Santos.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile. (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Chile.
- Cremades, L., & Rincón, G. (2011). Valoración Cuantitativa de la Calidad de un Inventario de Emisiones Industriales para el Modelo de Dispersión de Contaminantes de la costa nororiental del Venezuela. *Interciencia*, 128-135.
- Diario el Mercurio. (27 de Marzo de 2011). Calidad del aire de Cuenca sobre balanza. *EL MERCURIO*.
- Díaz, S., & Sully, D. (2012). Mejoramiento de la eficiencia de los generadores de vapor con aditivos. Guayaquil, Ecuador.
- Dirección General de Salud Ambiental. (2005). *Resultados del Inventario de emisiones de fuentes fijas*. Peru: Arequipa.
- Domínguez, J. (23 de Enero de 2013). Conceptos de combustión y combustibles. Madrid, España.
- Espinoza Molina, C., & EMOV. (2012). *Informe de la Calidad del Aire, año 2011*. Cuenca.



- Fandiño, M., & Behrentz, E. (2009). *Actualización del Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas en Bogotá a través de mediciones directas*. Bogotá, Colombia.
- Gallego, P., González, A., & Sánchez, I. (2012). *Contaminación atmosférica*. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia .
- García Ubaque, C., García Ubaque, J., & Vaca Bohórquez, M. (2012). Environmental health policies emphasizing air pollution and childhood in Colombian cities. *Rev. salud pública.*, 102.
- González, C., Pire Rivas, M., & Saturnino. (2010). *Estudio de la calidad del aire en el entorno de la CUJAE*. Cuba: D - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE.
- Granda, L., Pérez, I., & Herrera, I. (2011). Procedimiento para las medidas de control de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles y fijas. Ingeniería Industrial/ISSN.
- Guzmán, J., & Arellano, J. (2011). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A de C.V.
- Hernández, M. (2009). *Marco Metodológico*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/marianelam/marco-metodologico-por-marianela-hernandez>
- Hervás, V. (2012). Combustibles Fósiles. Tecnología Industrial.
- Ibarra, B., Parra, R., Valencia, V., & Paéz, C. (2006). Inventario de emisiones atmosféricas de Quito año 2003 y su distribución espacial y temporal. *ACTA NOVA VOL. 3*, 170-191.
- Idrovo Landy, D. (2009). *Propuesta de gestión de residuos sólidos provenientes de algunas fábricas emplazadas en el parque industrial de la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .
- Ilustre Municipalidad de Cuenca - PDOT . (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- INECC. (11 de Abril de 2006). Estimación de Emisiones mediante Factores de Emisión. México DF, México.
- Jaramillo, M., Núñez, M., Ocampo, W., Pérez , D., & Portilla, G. (2004). Inventario de emisiones de contaminantes. *Revista Facultad de Ingeniería*, 38-48.
- Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México. México: LIMUSA S.A.
- Kraus, R. (20 de Febrero de 2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*. Obtenido de Petróleo y Gas natural:



<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/78.pdf>

- Mar Moreno, T., & Querol, V. (2012). *Bases científico-técnicas para un plan nacional de mejora de la calidad del aire*. España: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Marshall, S., Rasdorf, W., & Frey, C. (2012). Methodology for Estimating Emissions Inventories for Commercial Buildings Projects. En *JOURNAL OF ARCHITECTURAL ENGINEERING* (págs. 251-261). ASCE.
- Martín Martín, F., & Sala Gómez, V. (2004). *Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Matus, P., & Lucero, R. (2002). Norma Primaria de calidad del aire. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 3-5.
- Ministerio del Ambiente. (2003). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. *Norma de Emisiones del Aire desde Fuentes Fijas de Combustión*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2009). Norma de Calidad del Aire Ambiente. En *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente* (pág. 2). Quito. Recuperado el Septiembre de 2014, de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerios del Ambiente:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/47/LIBRO%20VI%20Anexo%204%20Calidad%20de%20aire.pdf>
- Montoya Serna, C. (2013). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del valle de Aburrá, año base 2011*. Colombia.
- Municipalidad de Cuenca. (13 de Marzo de 2012). Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que Sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca. *Determinaciones para el Uso y Ocupación del suelo urbano*. Cuenca, Azuay, Ecuador: Registro Oficial 262.
- Noceda, M. D. (Marzo de 2013). Estimación, Análisis y Evaluación de Inventarios de Emisiones Atmosféricas Antropogénicas a escala local, Regional y Continental. *Memoria Presentada para optar al grado de doctor por la Universidad Santiago de Compostela*. Santiago de Compostela, España.
- Núñez Herrera, J., & Sarmiento Garcés, D. (2011). Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Fuentes Fijas ubicadas en la vía Girón - Bucaramanga desde el puente el Palenque hasta el colegio la Salle. Bucaramanga.
- Paleta Gaybor, L. (2009). *Contaminación Atmosférica*. Argentina: El Cid Editor.



- Pareja, A., Hinojosa, M., & Luján, M. (2012). Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, año 2008. *Revista Acta Nova Vol. 5*, 1-26.
- Rangel, S., & Tami, L. (2012). *Inventario de Emisiones Atmosféricas de las principales fuentes fijas ubicadas en la zona industrial de Chimitá a lo largo de la vía entre Pátemque y Café Madrid*. Bucaramanga.
- Samaniego, G. (26 de Marzo de 2013). Consorcio Revisión vehicular Danton . *LA TARDE*.
- Sbarato, D., & Sbarato, V. (2009). *Contaminación del aire*. Argentina: Editorial Brujas .
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México. (19 de Diciembre de 2013). Inventario de Emisiones. México DF, México.
- Textos Científicos. (7 de Mayo de 2006). *COMBUSTIBLES LÍQUIDOS I. GENERALIDADES*. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/liquidos>
- Textos Científicos. (7 de Mayo de 2006). *Combustibles Líquidos II. Gasolinas*. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gasolinas>
- Universidad de Valladolid. (2012). *Tecnología de la Combustión*. España: Dpto. Ingeniería Energética y Fluidomecánica.
- Vega Moreno, M. (2010). *Calidad del aire en América Latina vs combustibles alternativos*. España: Ediciones Universidad de Salamanca .
- Yassi, A., & Kjellstrom, T. (2012). *Riesgos ambientales para la salud*. España: D - INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo) .



## 7 ANEXOS

### Anexo 1: Lista de empresas implementadas en el Parque Industrial de Cuenca.

	EMPRESAS	CALLE PRINCIPAL DE UBICACIÓN
1	GRAIMAN	Octavio Chacón
2	AGRÍCOLA GANADERA REMSAHIWAL	Octavio Chacón
3	AGUA PURA LAS ROCAS	Octavio Chacón
4	VANDERBILT	Octavio Chacón
5	TUGALT	Octavio Chacón
6	INDUSTRIAS QUÍMICAS DEL AZUAY	Octavio Chacón
7	INSOMET	Octavio Chacón
8	NITRO LLANTA	Octavio Chacón
9	LEVAPAN	Octavio Chacón
10	FIBROACEROS CILINDROS	Octavio Chacón
11	TELARTEC	Octavio Chacón
12	LABORATORIOS GIL	Octavio Chacón
13	PLATERÍA NARVÁEZ	Octavio Chacón
14	SEÑAL X	Octavio Chacón
15	COLINEAL	Octavio Chacón
16	FIBROACERO COCINAS	Octavio Chacón
17	RADIADORES LUPPI	Octavio Chacón
18	PAN DEL ECUADOR (PANESA)	Octavio Chacón
19	COLCHONES EL CISNE	Octavio Chacón
20	AZENDE CORPORATION	Octavio Chacón
21	AKTUELL	Octavio Chacón
22	CHIVIT	Octavio Chacón
23	LA ITALIANA	Octavio Chacón
24	CARDECA	Octavio Chacón
25	PRONACA	Octavio Chacón
26	ECUASTOVES S.A	Octavio Chacón



	<b>EMPRESAS</b>	<b>CALLE PRINCIPAL DE UBICACIÓN</b>
27	EMPRESA GENPLAST	Octavio Chacón
28	KÁLIDO	Octavio Chacón
29	CICLA	Octavio Chacón
30	ARSEGUID	Octavio Chacón
31	PROARMETAL	Octavio Chacón
32	GRUPO PEÑA	Octavio Chacón
33	MATRICERÍA SÁNCHEZ	Octavio Chacón
34	MAXXIS REENCAUCHADORA	Octavio Chacón
35	NOVOCENTROS DISTABLASAS	Av. Octavio Chacón s/n y Miguel A. Narváez Esq.
36	AUSTROFORJA	Carlos Tosi Siri
37	AUSTRO LLANTAS	Carlos Tosi Siri
38	METALES EN SERIE	Carlos Tosi Siri
39	EMBUTIDOS LA CUENCANA	Carlos Tosi Siri
40	ADHEPLAST 1	Carlos Tosi Siri
41	PASTIFICIO NILO	Carlos Tosi Siri
42	LÁCTEOS SAN ANTONIO	Carlos Tosi Siri
43	MOPALEX CIA LTDA	Carlos Tosi Siri
44	LINDE S.A	Carlos Tosi Siri
45	CUENCA BOTTLING COMPANY	Carlos Tosi Siri
46	CARTOPEL	Carlos Tosi Siri
47	EFESTO	Carlos Tosi Siri
48	PASTIFICIO TOMBAMBA	Carlos Tosi Siri
49	REENCAUCHADORA ANDINA	Carlos Tosi Siri
50	PROPLAST	Carlos Tosi Siri
51	BRENNTAG	Carlos Tosi Siri
52	VIDRART CIA LTDA	Carlos Tosi Siri
53	ADHEPLAST 2	Carlos Tosi Siri



	<b>EMPRESAS</b>	<b>CALLE PRINCIPAL DE UBICACIÓN</b>
54	COMBATIBA & H	Calle primera
55	VELAS HERMINIO DELGADO	Cornelio Vintimilla
56	MIGUEL PESÁNTEZ	Cornelio Vintimilla
57	DETPROST	Cornelio Vintimilla
58	INMEPLAST	Cornelio Vintimilla
59	TALLER TENESACA	Cornelio Vintimilla
60	CLORID	Cornelio Vintimilla
61	VELAS SAN ANTONIO	Cornelio Vintimilla
62	MEGA LIMPIO DISTRIBUIDORA	Cornelio Vintimilla
63	LEÓN MOTOS RACING	Cornelio Vintimilla
64	CHEVROLET	Cornelio Vintimilla
65	CAUCHO INDUSTRIAS	Cornelio Vintimilla
66	EDIMCA	Cornelio Vintimilla
67	MUNDIPLAST	Cornelio Vintimilla
68	TEMPLAVID	Cornelio Vintimilla
69	BALANCEADOS EL RANCHO	Cornelio Vintimilla
70	TINTES Y PINTURAS V.H.P	Cornelio Vintimilla
71	MESILSA	Cornelio Vintimilla
72	PARMALAT	Cornelio Vintimilla
73	INGMATRICOM	Cornelio Vintimilla
74	TERRA Y AGUA	Cornelio Vintimilla 1-97 y Carlos Tosis
75	ISOLLANTAS	Miguel A. Narvaez
76	LAMITEX	Juan Eljuri Chica
77	INSERMET	Juan Eljuri Chica
78	MÁRMOLES SANTA ROSA	Juan Eljuri Chica





	<b>EMPRESAS</b>	<b>CALLE PRINCIPAL DE UBICACIÓN</b>
79	FANAC	Juan Eljuri Chica
80	PREFABRICADOS DE CONCRETO TIGER	Paseo Río Machangara
81	DURAMAS	Paseo Río Machangara
82	AUTO-PARTS JAPONES S.A (BATERÍAS YUASA)	Paseo Río Machangara
83	COLQUIMSA SA.	Paseo Río Machangara
84	SINTECUERO	Paseo Río Machangara
85	INDUSTRIA DE ALIMENTOS LA EUROPEA	Paseo Río Machangara
86	KERAMICOS	Paseo Río Machangara
87	CRESPO V PLASTICOS CIA LTDA	Paseo Río Machangara
88	METAL MEIDA	Paseo Río Machangara
89	AGROSAD CIA LTDA	Paseo Río Machangara
90	AVIL MUEBLES	Paseo Río Machangara
91	HORMICRETO	Paseo Río Machangara
92	AGROSAD	Paseo Río Machangara
93	PINGÜINO DEL ECUADOR	Paseo Río Machangara
94	FÁBRICA ORELLANA	Paseo Río Machangara
95	C3	Paseo Río Machangara
96	MUEBLES, DISEÑO Y CONFORT	Paseo Río Machangara
97	INMECE-PLASTIVAC	Paseo Río Machangara
98	DURAPLAST	Paseo Río Machangara
99	MUEBLES EL CARRUSEL CIA LTDA	Paseo Río Machangara
100	MEPRELPA	Paseo Río Machangara
101	MOTOR ALMOR	Paseo Río Machangara
102	HOLCIM	Calle del Toril



	<b>EMPRESAS</b>	<b>CALLE PRINCIPAL DE UBICACIÓN</b>
103	TAPITEX	Calle del Toril
104	SECOHI	Calle del Toril
105	SUPROQUIM	Calle del Toril
106	VALDIS PLÁSTICOS	Calle del Toril
107	HORMIAZUAY	Calle del Toril
108	CONTINENTAL TIRE ANDINO	Calle del Toril
109	TORRES Y CORDERO	Calle del Toril
110	MADERAMICA	Calle del Toril
111	TALLERES AVSA	Camino a Ochoa León
112	PLASTIAZUAY	Camino a Ochoa León
113	CARTONERA DEL AUSTRO	Camino a Ochoa León
114	PLÁSTICOS ANDINOS PLASAN	Camino a Ochoa León
115	TMH QUIMICOS	Paseo Huagra-Uma y Del Toril
116	JIMÉNEZ GALERÍA METÁLICA	Ave. De las Americas y Toril
117	BUENAÑO CAICEDO	Obispo Miguel León 301 y Obispo Serrano
118	REENCAUCHADORA ANDINA	Carlos Tosi Siri
119	GRANISTONE CIA LTDA	Calle Interior
120	COOP. CENTRO DE BORDADOS	Calle Interior
121	DURABANDA	Calle Interior



## Anexo 2: Hoja de trabajo

HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa			
Dirección			
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada			
Cargo de la persona encuestada			
Fecha			
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
PRODUCCIÓN			
Continúa		Discontinua	
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE			
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO		UNIDADES	
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO			
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días		
	horas		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA			
DIAMETRO			
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO		HORNO
MARCA			
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN			
POTENCIA			
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN			

**Anexo 3: Registros fotográficos de las visitas de campo.**

**EMPRESA "E"**

**Caldero de leña**



Registro fotográfico propio

**Cámaras del caldero de leña**



Registro fotográfico propio



Registro fotográfico propio

### Combustible



Registro fotográfico propio



## EMPRESA "F"

### Caldero



Registro fotográfico propio

### Caldero



Registro fotográfico propio

## EMPRESA "I"



Registro fotográfico propio

## Secadores



Registro fotográfico propio



Registro fotográfico propio



## **EMPRESA “M”**

### **Horno**



Registro fotográfico propio

## **EMPRESA “O”**

### **Chimenea**



Registro fotográfico propio

## EMPRESA "P"

### Caldero



Registro fotográfico propio

### Caldero



Registro fotográfico propio

## EMPRESA "R"

### CALDERO DISTRAL



Registro fotográfico propio

### Caldero DISTRAL



Registro fotográfico propio

## CALDERO KONUSS



Registro fotográfico propio



## EMPRESA "S"

### Caldero



Registro fotográfico propio

## EMPRESA "V"

### Caldero



Registro fotográfico propio



Registro fotográfico propio

## EMPRESA “Y”

### Caldero



Registro fotográfico propio

## EMPRESA “AA”

### Caldero



Registro fotográfico propio





Registro fotográfico propio

## EMPRESA “AC”

### Caldero



Registro fotográfico propio

#### Anexo 4: Registros de las hojas de trabajo

HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	CAJCHO INDUSTRIAS L.P.		
Dirección	CALLEO VETERINARIA 1-31 Y CALLEO CHAON		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	MARC VELA		
Cargo de la persona encuestada	JEFE DE PRODUCCIÓN		
Fecha	17 - NOVIEMBRE - 2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
X			
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
	X		
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIESEL		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	1000	UNIDADES	GALONES
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	16 HORAS		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días	5	
	horas	80	
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	8 metros		
DIAMETRO	300 milímetros		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	1	HORNO 3
MARCA	CLARKER - BROADS		
SERIE	L-89754		
MODELO	CB 100-60		
AÑO DE FABRICACIÓN	1990		
POTENCIA	50 A 100 HP		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO	160°C		
PRESIÓN	120 PSI		



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Banano Cárdeno		
Dirección	Obispo Miguel León y Obispo Serrano		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Fernando Quezada		
Cargo de la persona encuestada	Jefe de Mantenimiento		
Fecha	25/12/2012		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
		X	
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
X			
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	4000	UNIDADES	Gabones
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO			
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días	7 días a la semana	
	horas	24 horas	
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	4m		
DIAMETRO	50 cm		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	HORNO	
MARCA	York Shipley		
SERIE	81-14091-A-81375		
MODELO	SPWE 40-1/148873		
AÑO DE FABRICACIÓN	1981		
POTENCIA	220 Vols		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN	60 PSI		

Cuenta con un Presecadero y 5 Secadores Estáticos

*[Handwritten signature]*



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Adheplast		
Dirección	Carretera Tosi y Vía a Palomares		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Fernando Orellana		
Cargo de la persona encuestada	Técnico de Mantenimiento		
Fecha			
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
PRODUCCIÓN			
continua		Discontinua	
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	Fuel Oil (Bunker)		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	3000	UNIDADES	galones
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	4 horas diarias		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días		
	horas		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	8m		
DIAMETRO	40cm		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	X	HORNO
MARCA	DISTRAL		
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN	1994		
POTENCIA	200 HP		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN	15 PSI		

*(Firma manuscrita)*



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	El Capote Cia Ltd.		
Dirección	Calle Pared Río Machamirara y Corralito Viejito		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Giovanny Goutripe		
Cargo de la persona encuestada	Jefe de Producción		
Fecha	24/11/14		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
X			
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
	X		
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	Leña / Madera		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	65-70	UNIDADES	m <sup>3</sup>
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	24		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días 24-28	c/3 meses	
	horas 24		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	3.5m		
DIAMETRO	30cm		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO		HORNO
MARCA	York Shipley Steam Rev		
SERIE	82 14 3854 82136		
MODELO	5THV 100.2 95870		
AÑO DE FABRICACIÓN	1982		
POTENCIA	100 BHP (980KW)		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO	500		
PRESIÓN	150 PSI		

*Goutripe*  
24/11/14



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Reencuchadora Andina		
Dirección	Carlos Tosi		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Esleban Vega		
Cargo de la persona encuestada	Gerente		
Fecha	13/11/2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
X			
PRODUCCIÓN			
continua	X	Discontinua	
MATERIA PRIMA	D		
TIPO DE COMBUSTIBLE	Díesel		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	300	UNIDADES	Galones
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	8 horas		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días		
	horas		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	3m		
DIAMETRO	4 pulgadas		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	1 X	HORNO
MARCA			
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN	2002		
POTENCIA			
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN			

*[Handwritten signature]*



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Ch. V. S. Ecuador S.A.		
Dirección	D. J. C. Cuenca 4-65		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Julio Arizola		
Cargo de la persona encuestada	Jefe de Producción		
Fecha	19 Noviembre 2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
		X	
PRODUCCIÓN			
continua		Discontinua	
X			
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	Gas Natural		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	8000	UNIDADES	Kg
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	24		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días 7		
	horas 24		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	15 mts		
DIAMETRO	1.5 mts		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO		HORNO 1
MARCA			
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN			
POTENCIA			
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN			



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Carpintería y Tapicería Internacional		
Dirección	Patate		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Marcelo Orcellana		
Cargo de la persona encuestada	Jefe de Planta		
Fecha	21 / 11 / 2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
X			
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
	X		
MATERIA PRIMA	Madera		
TIPO DE COMBUSTIBLE	Madera		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	60 m <sup>3</sup>	UNIDADES	m <sup>3</sup>
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	24 h.		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días	Lunes a domingo	
	horas	24 h.	
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	11 m		
DIAMETRO	50 cm.		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO		HORNO
MARCA			
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN			
POTENCIA	15 VHP.		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN			



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	ISOLANTIA		
Dirección			
Rubro a la que pertenece	Miguel Angel Navarrete		
Nombre de la persona encuestada	Ing. Bruno Paredes		
Cargo de la persona encuestada	Gerente		
Fecha	04/12/19		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
X			
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
X			
MATERIA PRIMA			
TIPO DE COMBUSTIBLE	Diesel		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	1000	UNIDADES	Galones
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	8 h diario		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días		
	horas		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	5 metros		
DIAMETRO	0.4 metros		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	X	HORNO
MARCA	Fabricación Nacional		
SERIE			
MODELO			
AÑO DE FABRICACIÓN	2011		
POTENCIA	30 BTU		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN			

ISOLANTIA CIA. LTDA.

Firma Autorizada



HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Ironnet - mte-tel		
Dirección	Parque Industrial		
Rubro a la que pertenece	Industria Textil		
Nombre de la persona encuestada	Oscar Fajardo		
Cargo de la persona encuestada	L. producción		
Fecha	21/11/2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
		X	
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
X			
MATERIA PRIMA	Lana		
TIPO DE COMBUSTIBLE	Gas, Diesel		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	11 000 - 9 000	UNIDADES	
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	24 Horas al día		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días	24 Horas al día	
	horas		
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA	1,5m		
DIAMETRO	0,80m		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO 01	Caldero Buena	HORNO
MARCA	Dorval		
SERIE	2001		
MODELO	D28-5050		
AÑO DE FABRICACIÓN	1987		
POTENCIA	150 PS		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO	270 FT <sup>2</sup>		
PRESIÓN	100		

HOJA DE TRABAJO			
INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS			
SECTOR: PARQUE INDUSTRIAL			
Nombre de la empresa	Hornos del Ecuador S.A.		
Dirección	Carretera Machinilla - Juan C. G. G. G.		
Rubro a la que pertenece			
Nombre de la persona encuestada	Ing. Diego P. Llanos		
Cargo de la persona encuestada	Gerente - Planta		
Fecha	27-11-2014		
FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA			
Lunes a Viernes	Lunes a Sábados	Todos los días	
		<input checked="" type="checkbox"/>	
PRODUCCIÓN			
continua	Discontinua		
	<input checked="" type="checkbox"/>		
MATERIA PRIMA	Briket		
TIPO DE COMBUSTIBLE	oil #6		
CANTIDAD MENSUAL DE COMBUSTIBLE USADO	9245	UNIDADES	GAL
NUMERO DE HORAS QUE FUNCIONA EL HORNO/CALDERO	24 horas		
HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DEL CALDERO	Días	De Lunes a Viernes	
	horas	11:00 a 15:00	
DATOS DE LA CHIMENEA			
ALTURA			
DIAMETRO			
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
TIPO Y CANTIDAD DE EQUIPOS	CALDERO	x	HORNO
MARCA	Gleaves BROOKS		
SERIE	T3830-1-1		
MODELO	CBL 640-200-150ST		
AÑO DE FABRICACIÓN	2013		
POTENCIA	6.694.000 BTU/H		
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO			
PRESIÓN	150 PSI		

21/11/14  
David Aguado  
coord. H/A.



## Anexo 5: Copias de oficios enviados a las empresas y a la CGA.

### Copia del oficio enviado a la CGA







## Copias de algunos oficios enviados a las empresas





UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Oficio No. 211 - FFCCQQ-14 DECANATO

Cuenca, 11 de noviembre de 2014

**Doctor**  
**Leonardo Romero**  
**Caucho Industrias**  
**Cuenca**

De mi consideración:

Luego de expresarle un cordial saludo, solicito de la manera más comedida, se sirva brindar la apertura necesaria en la empresa que tan acertadamente dirige, para autorizar la visita de las estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, Jenny Fabiola Aguirre Ramón, portadora de la cédula 0105185003 y Jessica Alexandra Machado Cuzco, portadora de la cédula 0106047822, el objetivo de la visita es para levantar información sobre las especificaciones de los calderos y de los tipos de combustible empleado en la producción.

Con el propósito final del desarrollo de la tesis titulada "Elaboración de un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas".

Por la favorable atención que se digne dar a la presente, apoyando la formación complementaria de nuestros estudiantes, le agradecemos de antemano y suscribimos de ustedes, expresándoles nuestra consideración y estima.

Atentamente,

**Ing. Ruth Cecilia Álvarez Palomeque**  
**DECANA ENCARGADA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**Teléfono: 4051000, ext. 2402**  
**e-mail: [ruth.alvarez@ucuenca.edu.ec](mailto:ruth.alvarez@ucuenca.edu.ec)**

mtcv



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

DECANATO



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FUNDADA 1867

Av. 12 de Abril - Ciudadela Universitaria  
Teléfono: (07) 405 1000, 405 1120 ext. 2400 (2401), Fax N°. 2403,  
Calle N°. 01-01-168 [www.ucuenca.edu.ec](http://www.ucuenca.edu.ec)  
CUENCA - ECUADOR



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
Cuenca, 11 de noviembre de 2014  
DECANATO

Señor  
Roque Valarezo  
Pastificio Tomebamba  
Cuenca

De mi consideración:

Luego de expresarle un cordial saludo, solicito de la manera más comedida, se sirva brindar la apertura necesaria en la empresa que tan acertadamente dirige, para autorizar la visita de las estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, Jenny Fabiola Aguirre Ramón, portadora de la cédula 0105185003 y Jessica Alexandra Machado Cuzco, portadora de la cédula 0106047822, el objetivo de la visita es para levantar información sobre las especificaciones de los calderos y de los tipos de combustible empleado en la producción.

Con el propósito final del desarrollo de la tesis titulada "Elaboración de un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el Parque Industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas".

Por la favorable atención que se digne dar a la presente, apoyando la formación complementaria de nuestros estudiantes, le agradecemos de antemano y suscribimos de ustedes, expresándoles nuestra consideración y estima.

Atentamente,

  
Ing. Ruth Cecilia Álvarez Palomeque  
DECANA ENCARGADA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Teléfono: 4051000, ext. 2402  
e-mail: [ruth.alvarez@ucuenca.edu.ec](mailto:ruth.alvarez@ucuenca.edu.ec)

mdv



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
DECANATO



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Av. 12 de Abril - Ciudadela Universitaria  
Teléfono: (093 - 97) 405 1000, 405 1120 ext. 2400/2401, Fax N°. 2403,  
Carilla N°. 01 D1 168 [www.ucuenca.edu.ec](http://www.ucuenca.edu.ec)  
CUENCA - ECUADOR